

**А. А. ГАРАБАЖИУ**

**СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Учебно-методическое пособие к лабораторным  
работам по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты  
химических производств и предприятий  
строительных материалов»**

В 2-х частях

Часть 1

**ОСНОВЫ ДВУХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СИСТЕМЕ  
КОМПАС-ГРАФИК**

Минск БГТУ 2006

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**А. А. ГАРАБАЖИУ**

# **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Учебно-методическое пособие к лабораторным  
работам по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты  
химических производств и предприятий  
строительных материалов»**

В 2-х частях

Часть 1

## **ОСНОВЫ ДВУХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК**

Минск 2006

УДК 004:612.8.001.63(075.8)

ББК 35.11я73

Г 20

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Рецензенты:

доцент кафедры информатики и вычислительной техники БГТУ,  
кандидат технических наук *С. И. Акунович*;  
доцент кафедры технологии важнейших отраслей промышленности  
БГЭУ, кандидат технических наук *Е. В. Перминов*

**Гарабажиу, А. А.**

Г 20 Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования. В 2 ч. Ч. 1. Основы двухмерного проектирования деталей машин в системе КОМПАС-ГРАФИК : учеб.-метод. пособие к лаб. работам по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / А. А. Гарабажиу. – Мн. : БГТУ, 2006. – 145 с.

ISBN 985-434-581-5.

В пособии подробно рассмотрены структура, основные принципы построения и проектирования в современных САПР. Представлена структура и базовые приемы работы с одной из наиболее эффективных систем автоматизированного проектирования машин и оборудования – системой КОМПАС-ГРАФИК. Приведенные лабораторные работы позволят студентам закрепить полученные умения и навыки при двухмерном проектировании деталей машин любой степени сложности в системе КОМПАС-ГРАФИК.

Предназначено для студентов специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов».

УДК 004:621.8.001.63(075.8)

ББК 35.11я73

ISBN 985-434-581-5 (Ч. 1)  
ISBN 985-434-582-3

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2006

## ВВЕДЕНИЕ

**Проектирование** технического объекта – это процесс создания описания, необходимого для построения в заданных условиях еще не существующего объекта на основании его первичного описания. Процесс создания описания нового объекта может выполняться тремя основными способами.

1. Если процесс проектирования осуществляет человек, то проектирование называется *неавтоматизированным*, или *ручным*.
2. Если процесс проектирования осуществляется путем взаимодействия человека и ЭВМ, то проектирование называется *автоматизированным*. Автоматизированное проектирование, как правило, осуществляется в режиме диалога человека с электронно-вычислительной машиной на основе применения специальных языков программирования. Системы, реализующие автоматизированное проектирование, принято обозначать сокращенной аббревиатурой САПР. Термин САПР является смысловым эквивалентом английского CAD (Computer Aided Design) и означает проектирование с помощью ЭВМ.
3. Проектирование, при котором все преобразования описания объекта и алгоритм его функционирования осуществляются без участия человека, называется *автоматическим*. Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для несложных объектов. Превалирующим на сегодняшний день является автоматизированное проектирование, другими словами, САПР.

В настоящее время на мировом рынке ежегодно появляются все более новые и совершенные системы САПР, рассчитанные на различные сферы деятельности человека. Очень показательными в плане подготовки будущих инженеров-механиков химических производств и предприятий строительных материалов являются конструкторские САПР общего машиностроения и, в частности, пакет прикладных программ КОМПАС.

Система КОМПАС включает в себя следующие основополагающие программы:

- чертежно-графический редактор двухмерного проектирования **КОМПАС-ГРАФИК**, предназначенный для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности (машиностроение, архитектура, строительство и т. п.);
- редактор трехмерного твердотельного моделирования **КОМПАС-3D**, предназначенный для создания трехмерных параметрических

моделей отдельных деталей и сборочных узлов любой степени сложности с целью передачи их геометрии в пакеты инженерного анализа и в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, расчета геометрических и массо-центровочных характеристик деталей, взаимного преобразования 2D- и 3D-моделей;

- программу **КОМПАС-МАСТЕР**, предназначенную для разработки приложений (библиотек конструктивных элементов, прикладных библиотек САПР) на базе чертежно-графического редактора КОМПАС-ГРАФИК.

Кроме этого, данная система располагает большим количеством прикладных библиотек, ориентированных на решение типовых задач в различных предметных областях. Наиболее яркими примерами прикладных библиотек КОМПАС являются:

- библиотека **КОМПАС-Shaft 2D**, предназначенная для двухмерного параметрического проектирования деталей машин типа «тела вращения» – валов, втулок, цилиндрических и конических шестерен, червячных колес и червяков, шкивов ременных и зубчато-ременных передач любой степени сложности. Кроме этого, в данной библиотеке можно выполнять проектные и проверочные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных, ременных, зубчато-ременных передач, автоматически формировать для них технические требования, таблицы параметров, выносные элементы с профилями зубьев, генерировать по построенному изображению дополнительные виды и сечения детали, а также трехмерную твердотельную модель тела вращения;
- библиотека **КОМПАС-SPRING**, служащая для выполнения проектного, проверочного расчетов и последующего автоматического построения двух- и трехмерного параметрического изображения цилиндрических, конических, тарельчатых пружин растяжения/сжатия, а также пружин кручения;
- библиотека **КОМПАС-Shaft 3D**, предназначенная для трехмерного твердотельного параметрического моделирования деталей машин типа «тела вращения»;
- машиностроительная библиотека, содержащая более 200 параметрических изображений различных типовых машиностроительных элементов (болтов, винтов, гаек и другого крепежа, подшипников, профилей и т. д.);
- библиотеки электродвигателей и редукторов;
- библиотеки элементов кинематических, гидравлических, пневматических и электрических схем.

Принимая во внимание большую значимость машиностроительных САПР в подготовке будущих инженеров-механиков, в данной работе подробно рассмотрены классификация, структура, основные принципы построения и проектирования в современных САПР, структура и базовые приемы работы с одной из наиболее эффективных систем машиностроительного САПР – системой КОМПАС (в частности, КОМПАС-ГРАФИК). Приведенные здесь же лабораторные работы позволят студентам закрепить полученные умения и навыки при двухмерном проектировании деталей машин любой степени сложности в системе КОМПАС-ГРАФИК.

# 1. СТРУКТУРА, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ САПР

## 1.1. Классификация САПР

В настоящее время системы автоматизированного проектирования (САПР) широко используются в различных сферах деятельности человека. Исходя из этого, по функциональному назначению принято выделять следующие группы современных САПР:

- САПР, применяемые в отраслях общего машиностроения. Их часто называют *машиностроительными*, или *инженерно-графическими* САПР, или MCAD (Mechanical CAD) системами;
- САПР для радиоэлектроники. Их называют – ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation) системами;
- САПР для архитектуры и строительства или P-CAD системы;
- САПР больших интегральных схем, или БИС;
- САПР летательных аппаратов;
- САПР электрических машин и т. п.

В свою очередь, системы машиностроительного САПР подразделяются на:

- системы САПР функционального проектирования, иначе САПР-Ф, или САЕ-системы;
- конструкторские САПР общего машиностроения – САПР-К, или CAD-системы;
- технологические САПР общего машиностроения – САПР-Т, или САМ-системы.

Коротко охарактеризуем вышеупомянутые системы машиностроительного САПР.

Функции САЕ-систем довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. В состав машиностроительных САЕ-систем входят программы, позволяющие обеспечить:

- моделирование полей физических величин, в том числе анализ прочности, который чаще всего выполняется в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ);
- расчет состояний и переходных процессов на макроуровне;
- имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

К системам моделирования полей физических величин в соответствии с МКЭ относятся системы: Nastran, Ansys, Cosmos, Nisa.

К системам моделирования динамических процессов на макроуровне: Adams и Dyna – в механических системах, Spice – в электронных схемах, ПА9 – для многоаспектного моделирования, т. е. для моделирования систем, принципы действия которых основаны на взаимодействии физических процессов различной природы.

В качестве основных функций CAD-систем в машиностроении можно выделить функции двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. К функциям 2D-проектирования относятся черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D-проектирования – получение трехмерных моделей, метрические расчеты, реалистичная визуализация, взаимное преобразование 2D- и 3D-моделей.

Среди CAD-систем различают «легкие» и «тяжелые» системы САПР. Первые из них ориентированы преимущественно на двухмерную графику, сравнительно дешевы и менее требовательны в отношении вычислительных ресурсов. Вторые ориентированы на трехмерное параметрическое моделирование, более универсальны и дороги. Оформление проектно-конструкторской документации в них обычно осуществляется с помощью предварительной разработки трехмерных геометрических моделей объектов.

К основным функциям САМ-систем можно отнести: разработку технологических процессов; синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ; моделирование процессов обработки, в том числе построение траектории относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки; расчет норм времени обработки.

Как показывает практика, наиболее эффективным является геометрическое моделирование с использованием системы САПР, включающей в себя и конструкторское, и технологическое моделирование. Таким образом, есть смысл говорить об интегрированных CAD/САМ-системах, позволяющих создавать модели и готовить программы для станков с ЧПУ. Примером такой интегрированной системы может служить пакет КОМПАС, включающий в себя программы: Компас-график, Компас-3D, Компас-Менеджер, Компас-Каталог, Компас-Автопроект, Компас-Штамп, Компас-ЧПУ и многое другое.

В настоящее время наибольшую известность получили следующие САЕ/CAD/CAM-системы. «Тяжелые»: Unigraphics, Solid Edge, Solid Works, Pro/Engineer, CATIA, EUCLID и др. «Легкие»: AutoCAD, АДЕМ, dCAD (ПроПро Группа, г. Новосибирск), Спрут (Sprut Technology, г. Набережные Челны), Кредо (НИВЦ АСК, г. Москва). К системам, занимающим промежуточное положение, относятся: Cimatron, Euclid Prelude, T-FlexCAD (Топ Системы, г. Москва), Компас (Аскон, г. С.-Петербург) и др.



С ростом функциональных возможностей современных ПЭВМ грань между «тяжелыми» и «легкими» САЕ/CAD/CAM-системами постепенно стирается. Кроме того, сами фирмы-разработчики стремятся постоянно усовершенствовать свои системы САПР, повышая тем самым их функциональный уровень. Так, например, программу КОМПАС-ГРАФИК V 5.5 можно отнести к «легким», в то время как программа КОМПАС-3D V 7.0 вполне может претендовать на звание «средней» и даже «тяжелой» системы машиностроительного САПР [1–3].

По данным международного института стандартов и технологии, использование в промышленном производстве «тяжелых» CAD/CAM-систем вместо «легких» позволяет:

- уменьшить время проектирования объекта на 30–70%;
- сократить время редактирования объекта на 65–90%;
- уменьшить сроки выхода на рынок готовой продукции на 20–90%;
- повысить качество готовой продукции на 200–600%;
- сократить сроки окупаемости готовой продукции на 20–120% [4].

## 1.2. Структура САПР

Как и любые сложные системы, большинство современных САПР состоят из подсистем, в частности, проектирующих и обслуживающих.

**Проектирующие подсистемы** непосредственно выполняют проектные процедуры. Примерами могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах.

**Обслуживающие подсистемы** обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными (PDM – Product Data Management), управления процессом проектирования (DesPM – Design Process Management), пользовательского интерфейса для связи разработчиков с ЭВМ (CASE – Computer Aided Software Engineering) для разработки и сопровождения программного обеспечения САПР, обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

Кроме вышеприведенных, в состав интегрированных систем САПР «проектирование – изготовление» входят также подсистемы:

- конструирования;
- геометрического моделирования;
- разработки технологии изготовления проектируемых изделий.

**Конструирование** – разработка конструкции изделия по предварительно выполненным проектным расчетам, овеществленным в конструкторской документации. Цель конструирования – разработка и формирование изделий путем переработки геометрической, технологической и организационной информации.

В настоящее время можно выделить два подхода к конструированию на основе компьютерных технологий. Первый базируется на двухмерной геометрической модели, состоящей из графического изображения (чертежа) и использования компьютера как электронного кульмана, позволяющего значительно ускорить процесс конструирования и улучшить качество оформления конструкторской документации. В данном подходе чертеж служит средством графического представления изделия, содержащего информацию для решения графических задач, а также для изготовления изделия.

В основе второго подхода лежит компьютерная пространственная геометрическая модель изделия, которая является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом для решения геометрических задач. В этом случае чертеж играет вспомогательную роль, а методы его создания основаны на методах компьютерной графики, методах отображения пространственных моделей.

Под **геометрическим моделированием** понимают создание моделей геометрических объектов, содержащих информацию о геометрии изделия – функциональную и вспомогательную. Информация о геометрических характеристиках объектов используется не только для получения графического изображения – двухмерной геометрической модели, но и для расчета различных характеристик объекта и технологических параметров его изготовления. Из этого следует, что геометрическое моделирование является *ядром* автоматизированного конструирования и технологической подготовки производства.

Различают двухмерные и трехмерные геометрические модели. Двухмерное моделирование используется для подготовки чертежной документации в машиностроительных САПР, в САПР электронной промышленности и т. п. В настоящее время «тяжелые» и «средние» машиностроительные САПР используют как 2D, так и 3D моделирование для синтеза конструкций, представления траекторий рабочих органов станков при обработке заготовок, генерации сетки конечных элементов при анализе прочности и т. д.

В 3D моделировании различают модели:

- каскадные (проволочные);
- поверхностные;
- объемные (твердотельные).

*Каскадная модель* представляет форму детали в виде конечного множества линий, лежащих на ее поверхностях. Для каждой линии известны координаты конечных точек и указана их инцидентность ребрам или поверхностям. Оперировать каскадной моделью на дальнейших операциях маршрутного проектирования неудобно, поэтому каскадные модели в настоящее время используются редко.

*Поверхностная модель* отображает форму детали с помощью задания ограничивающих ее поверхностей, например, в виде совокупности данных о ребрах, гранях и вершинах.

Особое место занимают модели детали с поверхностями сложной формы, так называемыми *скульптурными поверхностями*. К таким деталям относятся корпуса многих транспортных средств (например, судов, автомобилей), детали, обтекаемые потоками жидкостей и газов (лопатки турбин, крылья самолетов), и др.

*Объемные модели* отличаются тем, что в них в явной форме содержатся сведения о принадлежности элементов внутреннему или внешнему по отношению к детали пространству.

**Разработка технологии изготовления проектируемых изделий** обеспечивает реализацию превращения этой информации в изделие. Основой объединения подсистем является использование общей базы данных. Кроме этого, каждая из подсистем должна иметь собственную базу данных, ориентированную на решение своих задач. Так, в системе конструирования должна быть ориентированная на конструирование система управления данными и база данных непосредственно по конструированию конкретного изделия.

Подсистемы САПР обладают всеми свойствами систем и могут функционировать самостоятельно [2, 3].

### **1.3. Виды обеспечения САПР**

Структурирование САПР по различным аспектам обуславливает появление **видов обеспечения САПР**. Принято выделять семь видов обеспечения САПР:

- техническое;
- математическое;
- программное;
- информационное;
- лингвистическое;
- методическое;
- организационное.

**Техническое обеспечение** включает различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства).

К техническим средствам САПР относятся:

- устройства ввода информации в систему, т. е. периферийное оборудование ЭВМ (клавиатура, сканер, дисковод, CD-ROM/RW, DVD-ROM/RW, модем и т. п.);
- устройства, отвечающие за хранение информации в системе (постоянная и оперативная память, дискета, компакт-диск и т. п.);
- устройства переработки информации (процессор, программное обеспечение и т. п.);
- устройства отображения и вывода информации в удобной для проектировщика форме (монитор, принтер, плоттер и т. п.);
- устройства управления процессами обработки информации (операционные и мониторные системы, обеспечивающие выполнение команд пользователя или заданную последовательность выполнения операций, обмен информацией, включение в работу соответствующих технических средств, устройств и т. п.).

Перечисленные выше технические средства составляют комплекс средств автоматизации САПР любого назначения. Современные САПР, помимо назначения, различаются также числом и типом ЭВМ, периферийного оборудования, числом и содержанием баз данных, составом программного обеспечения. Производительность ЭВМ, ее структура, связь с другими ЭВМ, количество и номенклатура внешних устройств определяют техническую производительность САПР.

**Математическое обеспечение** современных САПР объединяет математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования.

Основу математического обеспечения составляют алгоритмы, по которым разработано программное обеспечение САПР. При автоматизированном проектировании математическое обеспечение в явном виде не используется, применяется производный от него компонент – программное обеспечение.

Разработка математического обеспечения является самым сложным и ответственным этапом создания САПР, от которого (при использовании одинаковых технических средств) в наибольшей степени зависят производительность и эффективность САПР в целом.

Математическое обеспечение современных САПР по назначению и способу реализации делится на две части. Первую составляют математические методы и построенные на их основе математические модели, описывающие объекты проектирования или вычисляющие необходимые параметры объектов; вторую часть составляет формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

Способы и средства реализации первой части математического обеспечения весьма специфичны и зависят как от объектов проектирования, так и от САПР в целом.

Разработка второй части – формализации процессов автоматизированного проектирования – является более сложной задачей, чем разработка первой, так как при этом должна быть формализована вся логика технологии проектирования, например, логика взаимодействия проектировщиков друг с другом. Поэтому указанные проблемы решаются, в основном, интуитивно и эмпирически, главным образом методом проб и ошибок.

Проектирование следует рассматривать как процесс функционирования единой системы, в которой частные цели отдельных проектных операций, их содержание, логика и последовательность выполнения должны быть подчинены общей цели системы – получению качественного проекта изделия при минимальных затратах ресурсов всех видов. Поэтому математическое обеспечение САПР должно описывать во взаимосвязи объект, процесс и средства автоматизации проектирования.

Под **программным обеспечением** современных САПР понимается пакет компьютерных программ, обеспечивающих нормальное функционирование данных систем.

Различают системное и прикладное программное обеспечение.

*Системное программное обеспечение* управляет организацией вычислительного процесса на ЭВМ и обменом данными между различными устройствами и должно, прежде всего, удовлетворять требованиям организации режима диалоговой обработки информации.

**Эффективность САПР** в значительной мере определяется возможностями *прикладного программного обеспечения*, под которым обычно понимают набор программ, реализующих решение на ЭВМ конкретных задач проектирования. Анализ применения современных САПР показывает, что в них преобладают задачи изготовления рабочей конструкторской документации, инженерных расчетов и технологической подготовки производства. Сложность их алгоритмизации ведет к созданию соответствующих диалоговых систем.

**Удобство САПР** в значительной мере определяется видом связи с человеком. Наиболее эффективным является графический диалог, который обеспечивает большую наглядность в передаче информации и позволяет оптимально разграничить функции между человеком и ЭВМ при одновременном улучшении качества применяемых человеком решений.

**Гибкость САПР** с точки зрения расширения возможностей ее использования может быть увеличена, если программное обеспечение САПР является универсальным и открытым.

В целом же, программное обеспечение – это основной и по значимости, и по трудоемкости создания объект разработки САПР. Программное обеспечение является оригинальным инструментом и отражает всю специфику конкретной САПР.

Программное обеспечение современных САПР создается на основании компонентов математического обеспечения с использованием *базового программного обеспечения*. Причем последнее не является объектом разработки при создании САПР (например, операционная среда DOS, Windows и т. п.).

**Информационное обеспечение** современных САПР состоит из баз данных (БД), систем управления базами данных (СУБД), а также других данных, используемых при проектировании. Здесь же следует отметить, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется *информационным фондом САПР*, а БД вместе с СУБД носит название *банка данных (БнД)*.

Основу информационного обеспечения современных САПР составляет информация, которой пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Это может быть информация о прототипах проектируемых изделий или процессов, материалах, комплектующих изделиях, оборудовании, инструменте, которые могут быть применены в процессе проектирования. Все эти данные, как правило, и хранятся в БнД.

Любой БнД должен обладать гибкостью, надежностью, наглядностью и экономичностью.

**Гибкость** выражается в возможности наращивания и адаптации средств СУБД и изменения организации и структуры БД при минимальных затратах. Для одновременного использования группой пользователей необходимо обеспечить возможность параллельного доступа. В БнД должна осуществляться обработка алфавитной, цифровой и графической информации.

**Надежность** обеспечивается восстановлением информационных и программных средств в случае их разрушения и прекращением доступа к БнД в случае несанкционированного или ошибочного запросов.

**Наглядность**, или удобство пользования, достигается представлением информации в оптимальной для пользователя форме.

**Экономичность** обеспечивается исключением дублирования данных, автоматизацией их сбора и наличием средств тиражирования.

Состав БД определяется с учетом особенностей объекта проектирования, типовых проектных решений, характеристик рабочих мест и средств производства, нормативных и справочных данных. При со-

ставлении БД должны использоваться термины, символы, условные обозначения, размерности, программно-ориентированные языки, принятые в данных САПР.

Структура СУБД должна строиться с учетом реализации концептуального, внутреннего и внешнего уровней. *Концептуальный уровень* обеспечивает интегрированное представление о характере, содержании и структуре данных. *Внутренний* отображает организацию данных в среде хранения. *Внешний* характеризует параметры представления данных пользователю.

К основным функциям СУБД относятся:

- создание схемы БД;
- организация хранения данных;
- защита целостности БД;
- ограничение доступа к БД с помощью паролей в соответствии с уровнем доступа пользователя;
- поддержание готовности базы к загрузке данными;
- поддержание функционирования БД.

СУБД должна иметь собственное программное обеспечение, совместимое с программами САПР.

**Лингвистическое обеспечение** современных САПР выражается языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР.

Основу лингвистического обеспечения САПР составляют специальные языковые средства (языки программирования, например PASCAL, BASIC, DELPHI, C++, JAVA и др.), предназначенные для общения человека с ПЭВМ в процессе проектирования. Различают универсальные алгоритмические языки программирования и проблемно-ориентированные – менее универсальные, но более эффективные для применения в конкретной области. К алгоритмическим относятся FORTRAN (для решения преимущественно технических задач) и PASCAL (для решения широкого круга задач). Указанные языки благодаря своей универсальности позволяют программировать любые задачи, но весьма трудоемки и требуют специальных знаний и владения методами системного программирования. В связи с этим были созданы специализированные языки, ориентированные на определенные объекты и проектные процедуры. Характерным примером такого языка, ориентированного на автоматизацию СУБД, является SQL, VBA.

Ранее в каждой САПР использовались свои языковые средства. Однако большое разнообразие проблемно-ориентированных языков

препятствует обмену информацией между потребителями САПР, требует обучения специалистов работе с несколькими языками.

**Методическое обеспечение** современных САПР включает в себя различные методики проектирования, иногда к нему относят также математическое обеспечение.

Под методическим обеспечением САПР понимают также входящие в ее состав документы, регламентирующие порядок эксплуатации. Причем документы, относящиеся к процессу создания САПР, не входят в состав методического обеспечения, т. е. методология разработки самой САПР не должна входить в ее методическое обеспечение. Вместе с тем отдельные документы, выпущенные для создания САПР, могут войти в ее состав и использоваться при эксплуатации. Например, описание и структура БД, инструкции по их ведению и заполнению.

**Организационное обеспечение** современных САПР включает в себя штатные расписания, должностные инструкции и другие документы, регламентирующие работу проектного предприятия.

К организационному обеспечению современных САПР относятся также:

- приказы, инструкции, распоряжения, положения, регламентирующие деятельность службы САПР;
- квалификационные требования к персоналу службы САПР;
- штатное расписание службы САПР;
- финансирование службы САПР;
- ГОСТы и другие материалы, регламентирующие порядок разработки, согласование и утверждение технической документации;
- унификация и типизация объектов проектирования и их элементов, что позволяет создавать на этой основе соответствующие стандартные и типовые блоки, осуществлять компоновку средств различного назначения и содержания.

Развитие современных САПР осуществляется путем пополнения их новыми подсистемами и компонентами, а также модернизацией действующих.

Если раньше системы автоматизированного проектирования создавались для решения проблем, ориентированных на изделие или учитывающих специфику производства, то последние разработки свидетельствуют о все увеличивающейся переориентации САПР на создание универсальных методик и решение задач, выходящих за пределы отдельных отраслей производства [1–3].



## 1.4. Этапы и стадии проектирования в современных САПР

Создание проекта какого-либо объекта (изделия или процесса) подразумевает последовательный выбор его структуры, определение значения всех параметров и представление конечных результатов в установленной форме. При временном распределении работ по созданию новых объектов процесс проектирования разделяется на стадии и этапы.

**Стадии проектирования** – наиболее крупные части проектирования как процесса, развивающегося во времени. В общем случае выделяют следующие стадии проектирования:

- проведение научно-исследовательских работ (НИР);
- создание эскизного проекта или опытно-конструкторские работы (ОКР);
- создание технического проекта;
- создание рабочего проекта;
- испытание опытных образцов или опытных партий.

Стадию НИР иногда называют предпроектными исследованиями, или стадией технического предложения. Очевидно, что по мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательность проработки проекта возрастают и рабочий проект уже должен быть вполне достаточным для изготовления опытных или серийных образцов.

Близким к определению стадии, но менее четко оговоренным понятием является **этап проектирования**. Стадии (этапы) проектирования подразделяются на составные части, называемые *проектными процедурами*. Примерами проектных процедур могут служить подготовка чертежей детализовки, анализ кинематики, моделирование переходного процесса, оптимизация параметров и другие проектные задачи. В свою очередь, проектные процедуры можно расчленить на более мелкие компоненты, называемые *проектными операциями*. Например, при анализе прочности детали сеточными методами операциями могут быть построение сетки, выбор или расчет внешних воздействий, собственно моделирование полей напряжений и деформаций, представление результатов моделирования в графической и текстовой форме. Проектирование сводится к выполнению некоторых последовательностей проектных процедур – *маршрутов проектирования*.

При создании новых объектов выделяют следующие этапы проектирования:

- научно-исследовательских работ (НИР). Объединяет следующие стадии: предпроектные исследования, техническое задание и часть технического предложения;

- опытно-конструкторских работ (ОКР). Включает стадии: часть технического предложения, эскизный проект, технический проект;
- рабочего проектирования. Объединяет следующие стадии: рабочий проект, изготовление, отладка, испытания и ввод в действие.

Рассмотрим подробнее основные этапы проектирования с позиции обработки информации в современных САПР.

На стадии разработки **технического задания** основными видами операций обработки информации являются: поиск и выбор необходимой научно-технической информации о прототипах, патентных данных и т. д. из соответствующей базы данных (хранилища информации), анализ выбранной информации и формулировка на его основе технических требований к проектируемому объекту, оформление технических требований в соответствии с установленными нормативами. На данном этапе проектирования могут быть автоматизированы операции поиска информации и оформления технической документации. Может быть также автоматизирована некоторая часть вспомогательных операций проектирования по анализу выбранной информации, например, группировка ее по заданным признакам, выбор наименования или наиболее сопоставимых друг с другом вариантов и т. п.

На этапе **эскизного проектирования** производят поиск и выбор наиболее детальной информации, на основе ее анализа принимают предварительные проектные решения и оформляют первые проектные документы. Для выработки проектных решений выполняют различные расчеты, содержание, объем и трудоемкость которых зависят от характеристики проектируемого объекта. Работы этого этапа, как правило, в наибольшей степени поддаются автоматизации, и их автоматизация дает наибольший технико-экономический эффект за счет оптимизации проектных решений. Вместе с тем эти работы, в том числе определение наиболее эффективного физического принципа действия создаваемого объекта, поиск наилучших технических решений, реализация выбранных физических процессов и, наконец, определение оптимальных значений параметров принятых технических решений, представляют собой наиболее оригинальные проектные процедуры, которые в принципе не могут быть унифицированы и должны постоянно совершенствоваться. Автоматизация указанных работ достигается за счет применения оптимизационных математических методов.

На этапе разработки **технического проекта** объекта детализируют и уточняют решения, принятые при эскизном проектировании, и создают новые, более насыщенные проектные документы. Следовательно, снова производят поиск, выбор и анализ исходной информа-

ции (в основном нормативно-технической и технико-экономической) и выполняют многочисленные расчеты, но уже, как правило, по иным, более точным методикам. Эти работы могут быть автоматизированы в значительной степени.

Большинство документов, оформленных на этапах эскизного и технического проектирования, используются только для рабочего проектирования и не входят в состав рабочей и эксплуатационной документации. То есть информация, наработанная на указанных этапах, является временной, промежуточной, поэтому целесообразно создавать хранилища временной информации по проектируемому объекту.

На этапе **рабочего проектирования** основным видом выполняемых работ является оформление проектных решений в виде чертежей и спецификаций к ним, а также эксплуатационной документации на объект. Современные средства вычислительной техники позволяют полностью автоматизировать оформление чертежей и спецификаций и в определенной степени – формирование эксплуатационной документации. Если же система автоматизированного проектирования позволяет выполнять не только выпуск рабочего проекта, но и проектирование технологии, то становится целесообразным не выпускать чертежи и спецификации самостоятельно, а передавать технологом-проектировщикам информацию на электронных носителях в виде базы данных о проектируемом объекте.

Работы по проектированию **технологии изготовления** спроектированного объекта традиционно выполняют в процессе технологической подготовки производства изделия или его узлов и деталей на предприятии-изготовителе. На большинстве машиностроительных заводов действует групповая организация производства и применяются методы групповой технологии. В этих условиях неприемлемо индивидуальное проектирование технологии изготовления конкретного изделия. Проектируемая технология должна учитывать требования групповых методов обработки и характеристики каждого изделия. Однако даже указанные особенности не мешают выделить в проектировании технологии типовые, с точки зрения обработки информации, операции. При проектировании технологии производят:

- поиск и выбор исходной информации (об объекте, подлежащем изготовлению; о технологическом оборудовании предприятия; о технологических и трудовых нормативах);
- анализ и обработку данных в целях определения маршрутов обработки, последовательности технологических операций и режимов их выполнения, потребности в инструменте, в создании специаль-

ной оснастки;

- оформление соответствующей технологической документации.

Работы, перечисленные во втором и третьем пунктах, идентичны многим операциям при проектировании изделия. Несмотря на то, что проектирование технологии требует оригинальных расчетов и решений для различных видов технологических операций и обрабатываемых материалов, методы формализации большинства таких работ разработаны и, следовательно, могут быть автоматизированы.

В целом же для всех этапов проектирования изделий и технологии их изготовления можно выделить следующие виды типовых операций обработки информации:

- поиск и выбор из всевозможных источников необходимой информации;
- анализ выбранной информации;
- выполнение расчетов;
- принятие проектных решений;
- оформление проектных решений в виде, удобном для дальнейшего использования (на последующих стадиях проектирования, при изготовлении или эксплуатации изделия).

В результате проектирования из малого объема исходной информации – задания на проектирование – вырабатывается и перерабатывается огромный объем информации. Это обстоятельство показывает, насколько актуальна проблема управления использованием полученных данных.

Автоматизация перечисленных выше операций обработки информации и процессов управления использованием информации на всех этапах проектирования составляет сущность функционирования современных САПР [2, 4].

## 2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПАС-ГРАФИК И РАБОТА С НЕЙ

В настоящее время система КОМПАС является одной из наиболее эффективных конструкторских САПР общего машиностроения. Ядром данной системы является чертежно-графический редактор двумерного проектирования КОМПАС-ГРАФИК, предназначенный для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях промышленности. Рассмотрим подробнее структуру, функциональное назначение типовых объектов и типовых документов данной системы машиностроительной САПР.

### 2.1. Структура главного окна системы КОМПАС-ГРАФИК

Запуск программы КОМПАС-3D V 7.0, в состав которой входит редактор КОМПАС-ГРАФИК, можно осуществить при помощи соответствующего ярлыка или через кнопку **Пуск** на рабочем столе компьютера. После запуска и открытия любого 2D-документа на экране появляется главное окно системы со всеми элементами (рис. 1).

Главное окно системы КОМПАС-ГРАФИК включает в себя:

- строку главного меню;
- стандартную панель;
- панель Вид;
- панель текущего состояния;
- компактную панель;
- панель переключения;
- панель инструментов;
- панель расширенных команд;
- панель свойств;
- строку сообщений.

**Строка главного меню** располагается в верхней части главного окна и включает в себя перечень всех команд системы. *Строка главного меню* системы состоит из следующих подменю:

- **файл** (команды открытия, сохранения, создания, печати, импорта и экспорта файлов);
- **выделить** (команды выделения/исключения объектов чертежа или фрагмента);
- **вставка** (команды вставки в документ вспомогательных видов и слоев, локальной СК, фрагментов, рисунков, технических требований и т. д.);
- **редактор** (команды отмены и повтора предыдущих действий, команды редактирования и работы с фрагментами);
- **вид** (команды управления изображением объектов чертежа и отображения инструментальных панелей);
- **инструменты** (команды построения геометрических элементов чертежа, нанесения размеров, работы с текстом и таблицами, наложения параметрических связей);

- **спецификация** (команды создания и редактирования спецификации);
- **сервис** (команды настройки и редактирования параметров вспомогательных видов, слов, групп, макроэлементов, библиотек, системы в целом и ее типовых документов);
- **окно** (команды управления открытыми окнами различных типовых документов системы);
- **справка** (команды вызова и работы с контекстной справкой системы);
- **библиотеки** (команды запуска присоединенных к системе библиотек).

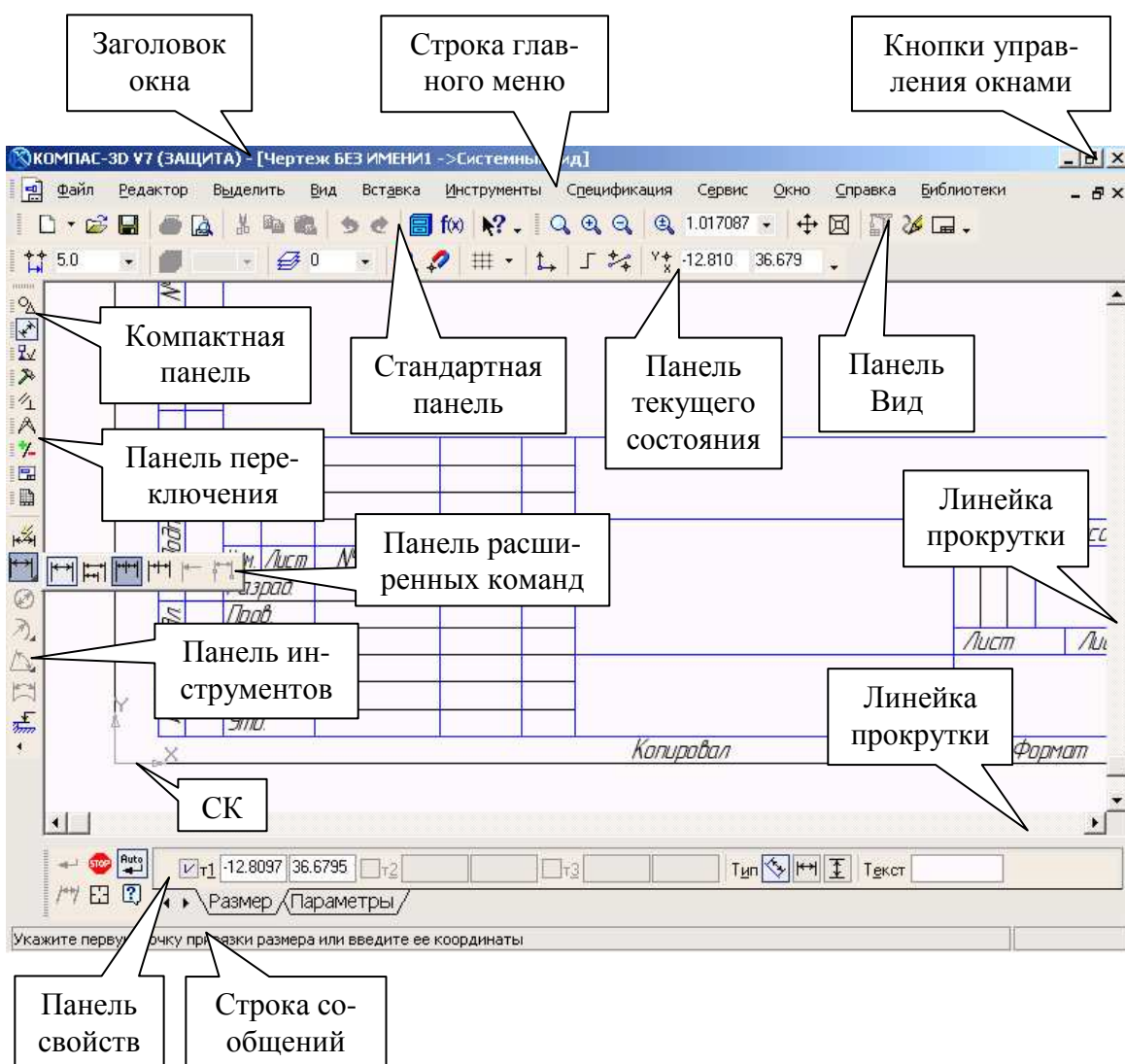


Рис. 1. Структура главного окна системы КОМПАС-ГРАФИК

Вызов какой-либо команды из *Строки главного меню* осуществляется простым щелчком левой клавиши мыши на имени соответствующей команды.

На **стандартной панели** располагаются кнопки (пиктограммы) вызова команд стандартных операций с файлами и типовыми объектами системы (рис. 2). Вид *Стандартной панели* не зависит от режима работы системы. Многие кнопки на ней продублированы командами *Строки главного меню*. Запуск команд на *Стандартной панели* осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей пиктограмме.

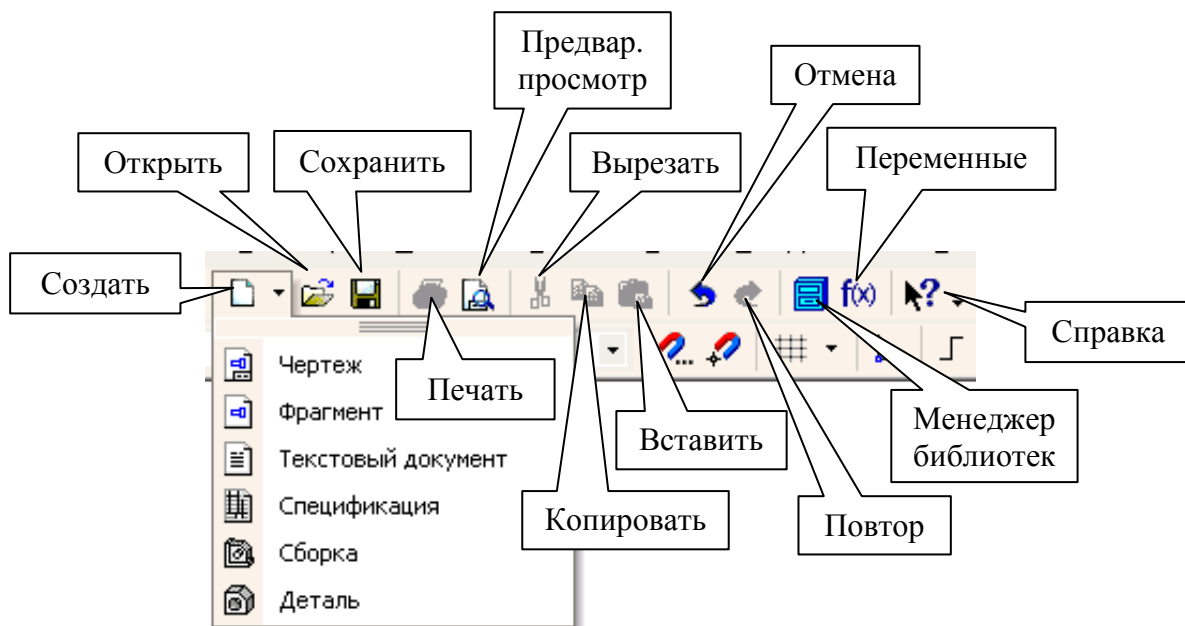
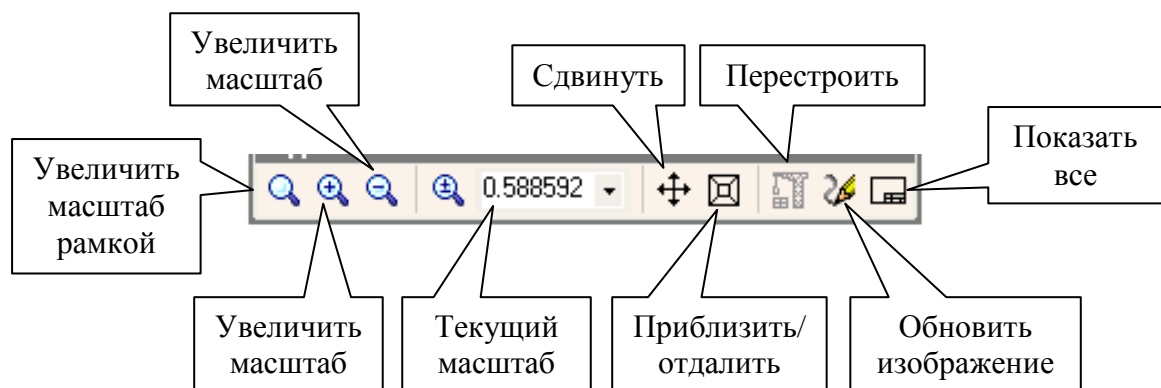


Рис. 2. Стандартная панель системы КОМПАС-ГРАФИК

На **панели Вид** располагаются кнопки (пиктограммы) вызова команд управления отображением активного документа системы. Перечень кнопок на *Панели Вид* зависит от режима работы системы (черчение, спецификация или текстовый документ) и может быть изменен с помощью средств настройки системы (рис. 3). Многие кнопки на *Панели Вид* продублированы командами *Строки главного меню*. Запуск команд осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей пиктограмме.

На **панели текущего состояния** отображаются параметры текущего состояния активного документа системы. Перечень кнопок (пиктограмм) на *Панели текущего состояния* зависит от режима работы системы (черчение, спецификация или текстовый документ) и может быть изменен с помощью средств настройки системы (рис. 4). Многие кнопки на данной панели продублированы командами *Строки главного меню*. Запуск команд на *Панели текущего состояния* осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей пиктограмме.

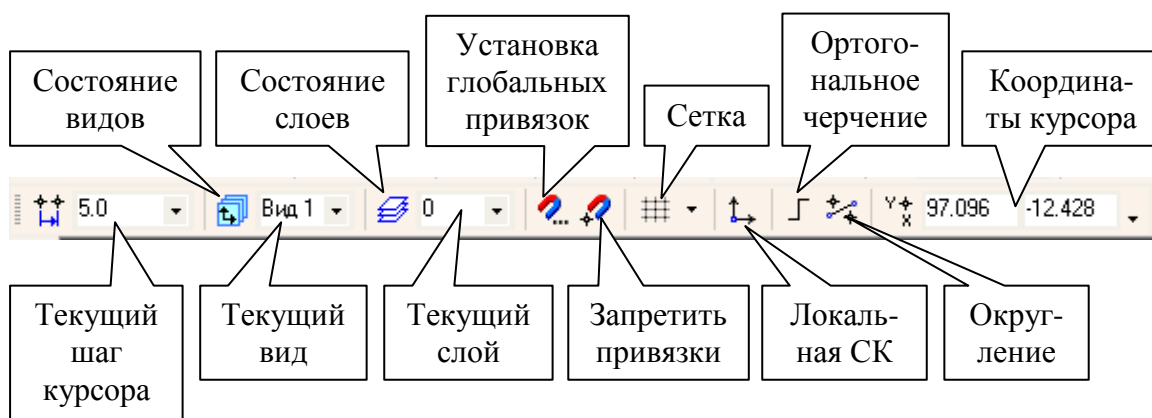


*a*



*б*

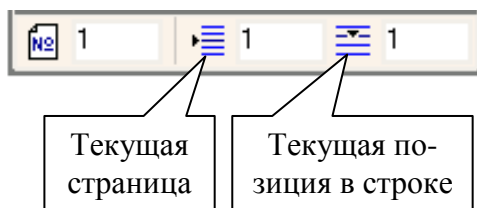
Рис. 3. Панель Вид системы КОМПАС-ГРАФИК: *a* – в режиме построения и редактирования чертежа или фрагмента; *б* – в режиме построения и редактирования спецификации или текстового документа



*a*



*б*



*в*



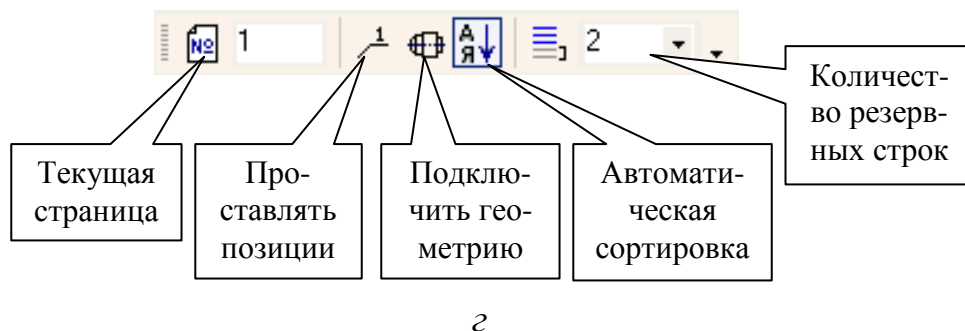


Рис. 4. Панель текущего состояния системы КОМПАС-ГРАФИК: *а* – в режиме построения и редактирования чертежа; *б* – в режиме построения и редактирования фрагмента; *в* – в режиме построения и редактирования текстовой документации; *г* – в режиме построения и редактирования спецификации

В строке сообщений отображаются различные подсказки, сообщения и запросы системы в процессе работы (рис. 5). Это может быть: а) краткая информация об элементе экрана, к которому подведен курсор; б) сообщение о том, ввода каких данных ожидает система в данный момент; в) краткая информация по текущему действию, выполняемому системой. В процессе работы рекомендуется обращать пристальное внимание на информацию, отображаемую системой в *Строке сообщений*. Это поможет избежать всевозможных ошибок на начальном этапе работы при выполнении различных построений в системе.

Укажите начальную точку отрезка или введите ее координаты |

Рис. 5. Строка сообщений системы КОМПАС-ГРАФИК

**Панель свойств** служит для управления параметрами команды и процессом ее выполнения. *Панель свойств* автоматически появляется на экране (в нижней его части под окном документа) только после вызова какой-либо команды на *Панели инструментов* или в режиме редактирования типовых объектов системы (см. рис. 1). В состав *Панели свойств* входят: *Заголовок*, *Панель специального управления*, *Вкладки* и *окна ввода параметров команды* (рис. 6). Вид *Панели свойств* зависит от типа создаваемого или редактируемого геометрического объекта системы. Так, параметрами прямой линии в случае ее построения по двум точкам являются: координаты X и Y начальной и конечной точек прямой, ее длина, угол наклона, а также стиль линии (основная, тонкая и т. п.) (см. рис. 6). После прекращения работы команды построения или редактирования объекта *Панель свойств* автоматически выключается и параметры объекта становятся недоступными.

**Панель специального управления** автоматически появляется на экране (в составе *Панели свойств*) только после вызова какой-либо команды на *Панели инструментов* или в режиме редактирования типовых

объектов системы. На *Панели спецуправления* находятся кнопки, позволяющие управлять ходом выполнения той или иной команды (см. рис. 1). Содержание *Панели спецуправления* зависит от основной команды, вызванной с *Панели инструментов* и выполняемой в данное время. Например, на рис. 7 показано содержание *Панели спецуправления* в режиме ввода отрезка (рис. 7, а), построения вспомогательной параллельной прямой (рис. 7, б) и в режиме штриховки замкнутых областей (рис. 7, в). Некоторые кнопки на этих рисунках встречаются чаще остальных, например, **Прервать команду** и **Создать объект**. Выбор команды на *Панели спецуправления* осуществляется простым щелчком мыши на нужной кнопке. После завершения работы основной команды *Панель спецуправления* вместе с *Панелью свойств* автоматически убирается с экрана ПЭВМ.

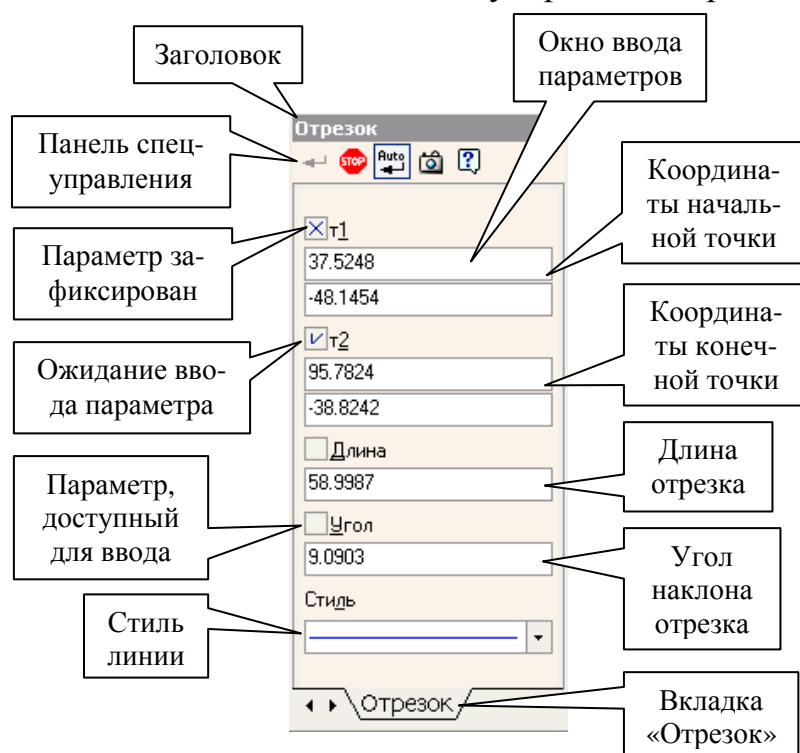
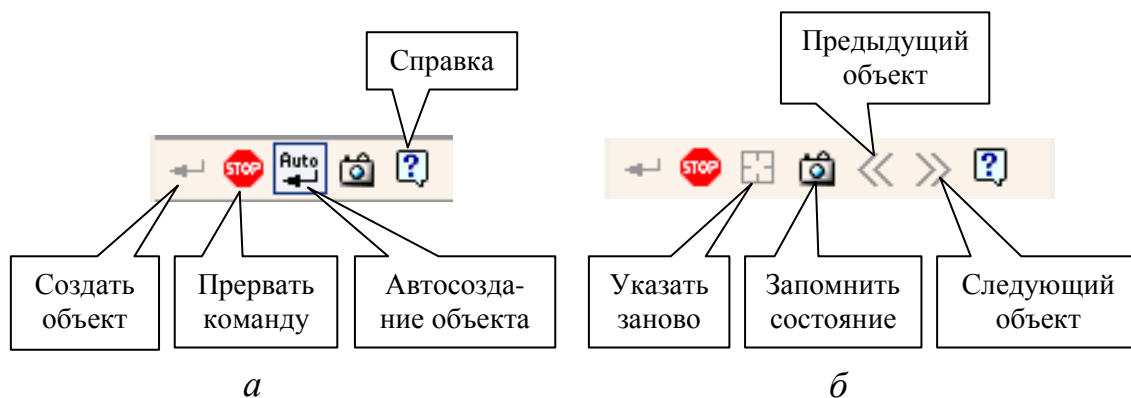
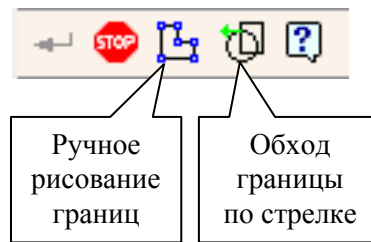


Рис. 6. Панель свойств системы КОМПАС-ГРАФИК





в

Рис. 7. Панель спецуправления системы КОМПАС-ГРАФИК: *а* – в режиме ввода отрезка; *б* – в режиме построения вспомогательной параллельной прямой; *в* – в режиме штриховки замкнутых областей

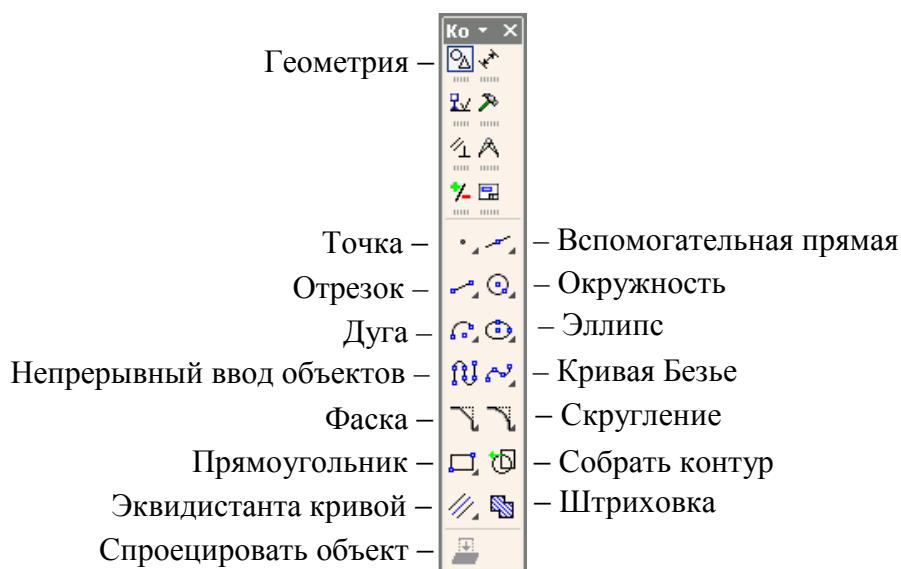
**Компактная панель** по умолчанию находится в левой части главного окна системы и состоит из двух частей: **Панели переключения** и **Панели инструментов** (см. рис. 1). Каждой кнопке на *Панели переключения* соответствует одноименная страница *Панели инструментов*, а каждая страница *Панели инструментов* содержит набор кнопок, сгруппированных по функциональному назначению. Состав кнопок на *Компактной панели* зависит от типа активного документа системы и может быть изменен с помощью средств настройки.

При создании в КОМПАС-ГРАФИК нового листа чертежа или фрагмента *Компактная панель* будет включать в себя следующий перечень пиктограмм на *Панели переключения* и соответствующие им страницы команд *Панели инструментов*:

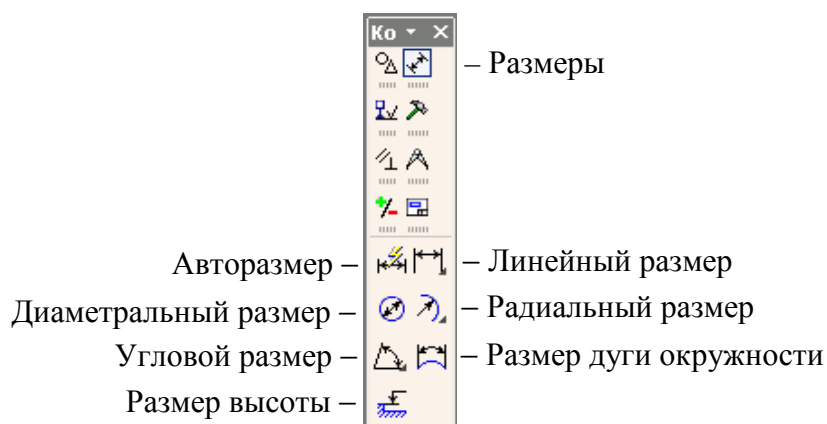
- **геометрия**, содержит команды, позволяющие вычерчивать различные геометрические объекты системы (рис. 8, *а*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Инструменты – Геометрия**;
- **размеры**, содержит команды, позволяющие наносить на чертеж полный спектр линейных, диаметральных, радиальных и угловых размеров (рис. 8, *б*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Инструменты – Размеры**;
- **обозначения**, содержит команды, позволяющие наносить на чертеж полный комплекс технологических обозначений (рис. 8, *в*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Инструменты – Обозначения**;
- **редактирование**, содержит команды редактирования геометрических объектов чертежа или фрагмента (рис. 8, *г*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Редактор**;
- **параметризация**, содержит команды, позволяющие выполнять параметризацию геометрических объектов системы, т. е. накладывать ограничения на взаимосвязь таких объектов и удалять эти ограничения (рис. 8, *д*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Инструменты – Параметризация**;
- **измерения (2D)**, содержит команды, позволяющие выполнять всевозможные измерения геометрических объектов системы

(рис. 8, е). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Сервис – Измерить** или в *Контекстном меню* системы;

- **выделение**, содержит команды, позволяющие выполнять выделение/исключение геометрических объектов системы целиком или их составных частей (рис. 8, ж). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Выделить**;
- **ассоциативные виды**, содержит команды построения ассоциативных видов чертежа по готовой трехмерной модели детали или сборки (рис. 8, з). **Ассоциативный вид** – это вид чертежа, ассоциативно связанный с существующей трехмерной моделью детали или сборки. При изменении формы, размеров и топологии трехмерной модели автоматически изменяется и изображение всех видов детали на чертеже. Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Вставка**. Данная пиктограмма будет присутствовать на *Компактной панели* КОМПАС-ГРАФИК только при создании нового листа чертежа.



а



б

Обозначения –		
Ввод текста –		Ввод таблицы
Шероховатость –		База
Линия-выноска –		Обозначение позиций
Допуск формы –		Линия разреза
Стрела взгляда –		Выносной элемент
Осевая линия по двум точкам –		Обозначение центра

6

		Редактирование
Сдвиг –		Поворот
Масштабирование –		Симметрия
Копирование –		Деформация сдвигом
Усечь кривую –		Разбить кривую на N частей
Очистить область –		Преобразование в NURBS

2

Параметризация –		
Горизонтальность –		Выровнять точки по горизонтали
Параллельность –		Касание
Зафиксировать точку –		Равенство радиусов
Зафиксировать размер –		Установить значение размера
Параметризовать объекты –		Показать/удалить ограничения

0

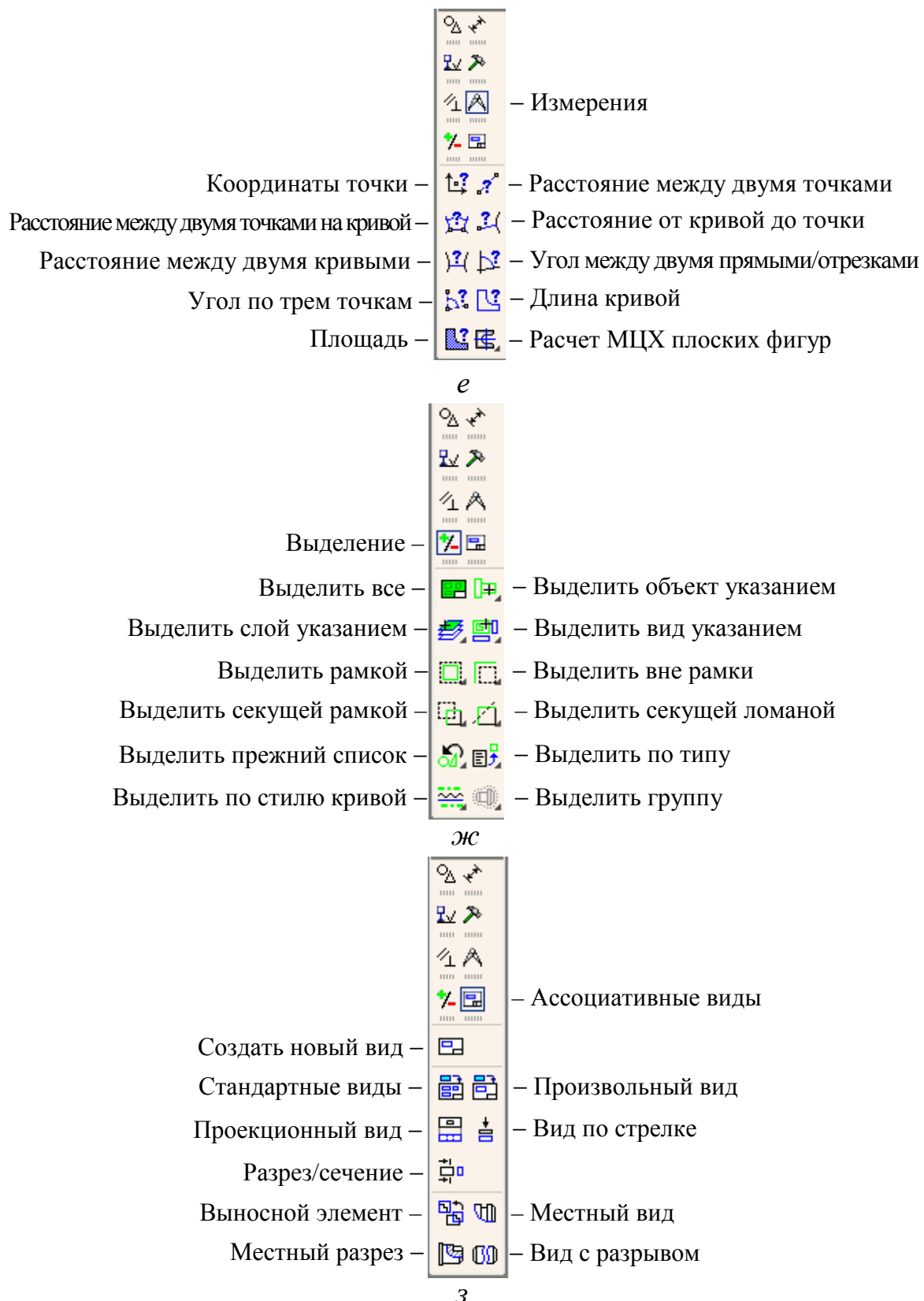
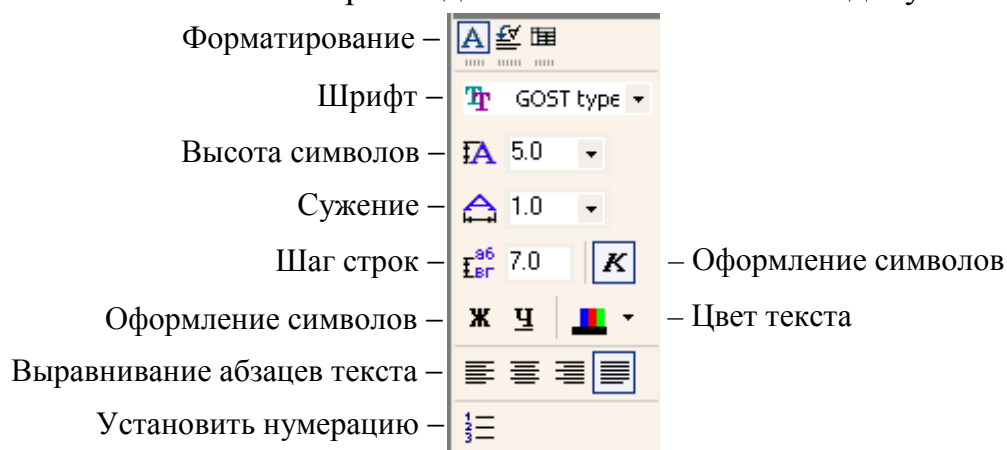


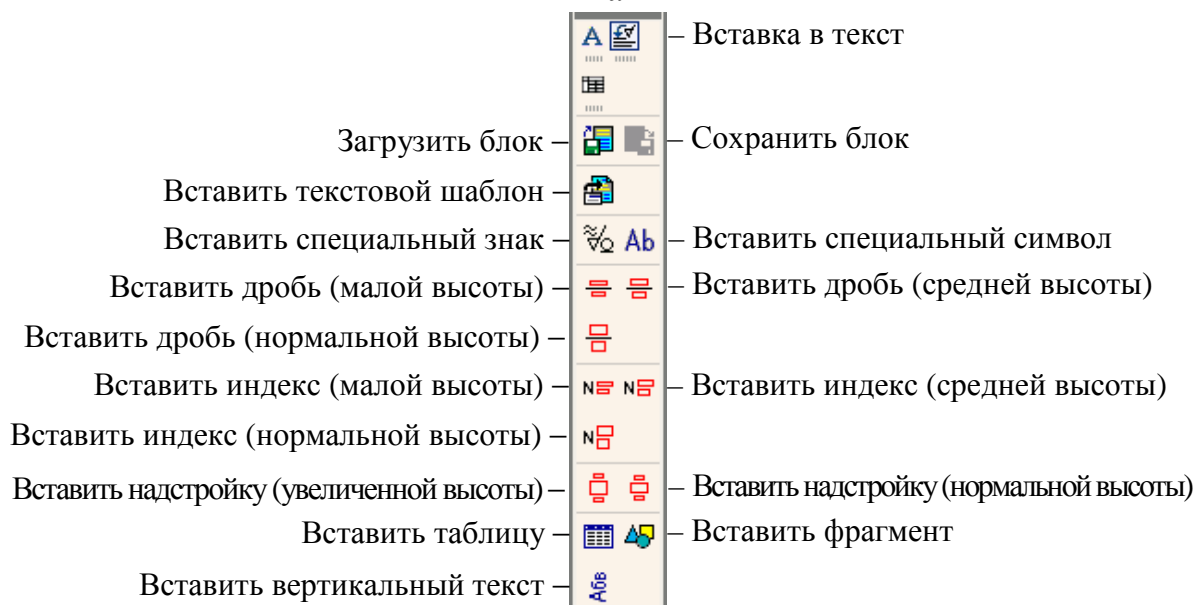
Рис. 8. Компактная панель КОМПАС-ГРАФИК при создании нового листа чертежа или фрагмента: *а* – геометрия; *б* – размеры; *в* – обозначения; *г* – редактирование; *д* – параметризация; *е* – измерения; *жс* – выделение; *з* – ассоциативные виды

При создании в КОМПАС-ГРАФИК нового листа текстовой документации или спецификации *Компактная панель* будет включать в себя следующий перечень пиктограмм на *Панели переключения* и соответствующие им страницы команд *Панели инструментов*:

- **форматирование**, содержит комплекс команд, позволяющих выполнять форматирование текста (рис. 9, а). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Формат**;
- **вставка в текст**, содержит комплекс команд, позволяющих вставлять в текст различные объекты (спецсимволы, спецзнаки, таблицы, фрагменты, дроби, индексы и т. д.) (рис. 9, б). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Вставка**;
- **таблицы и границы**, содержит комплекс команд оформления таблицы и редактирования ее конфигурации (рис. 9, в). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Таблица**. Данная пиктограмма будет присутствовать на *Компактной панели* КОМПАС-ГРАФИК только при создании нового текстового документа;



а



б

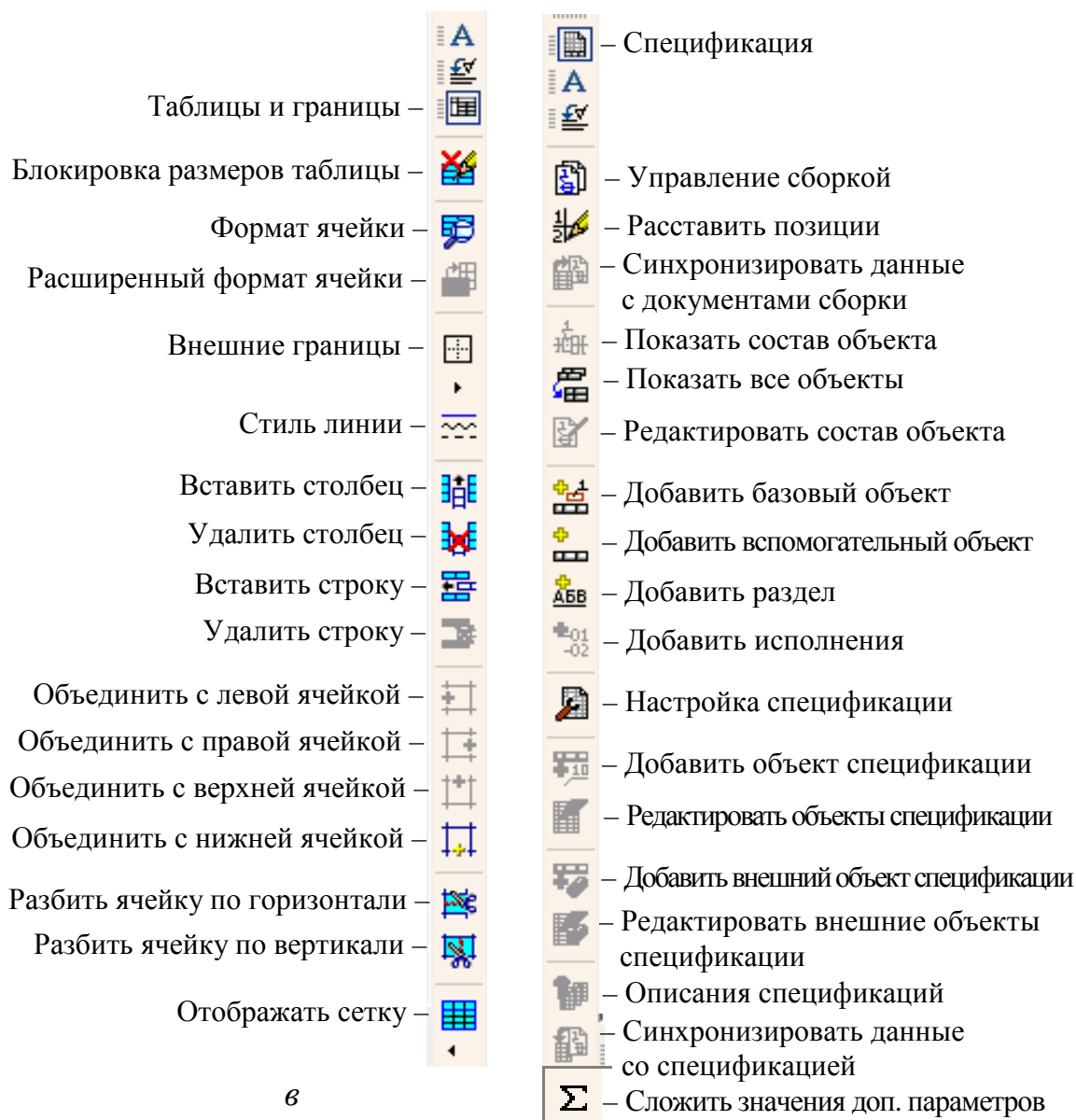


Рис. 9. Компактная панель КОМПАС-ГРАФИК при создании нового текстового документа или спецификации: *а* – форматирование; *б* – вставка в текст; *в* – таблицы и границы; *з* – спецификация

- **спецификация**, содержит комплекс команд по работе со спецификацией (рис. 9, *з*). Полный перечень этих команд можно также найти в меню **Редактор**, **Вставка**, **Формат** и **Сервис**. Данная пиктограмма будет присутствовать на *Компактной панели* КОМПАС-ГРАФИК только при создании новой спецификации.

Большинство команд на страницах *Панели инструментов* допускает несколько вариантов выполнения. Например, отрезок в КОМПАС-ГРАФИК может быть построен несколькими различными способами



(параллельно, перпендикулярно, касательно и т. п.). Чтобы получить доступ к прочим вариантам построения того же отрезка, необходимо вызвать на экран **Панель расширенных команд** построения отрезков. Кнопки на страницах *Панели инструментов*, имеющие *Панель расширенных команд*, помечены черным треугольником в правом нижнем углу (см. рис. 8, 9). Для того чтобы открыть *Панель расширенных команд*, необходимо щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке с черным треугольником и удерживать ее в нажатом положении [5–10].

## 2.2. Типовые объекты и типовые документы КОМПАС-ГРАФИК

В системе КОМПАС-ГРАФИК можно создавать и редактировать следующие типы объектов:

- **геометрические** (точка, прямая, отрезок прямой, окружность, дуга окружности, эллипс, многоугольник, контур, кривая Безье, NURBS-кривая, эквидистантная кривая, штриховка, макроэлемент);
- **объекты оформления** (многострочная текстовая надпись, таблица, размер линейный, размер угловой, размер радиальный, размер диаметральный, обозначение базы, допуск формы и расположения, символ шероховатости, линия выноски, стрелка направления взгляда, линия разреза или сечения, обозначение центра, атрибут);
- **объекты чертежа** (вид, технические требования, основная надпись, обозначение шероховатости неуказанных поверхностей).

Управлять типовыми объектами КОМПАС-ГРАФИК можно при помощи соответствующих команд на *Стандартной панели* (см. рис. 2) и *Панели Вид* (см. рис. 3).

КОМПАС-ГРАФИК позволяет упростить выполнение многих операций в процессе двухмерного проектирования, предоставляя пользователям возможность использовать **Контекстное меню**, которое можно вызвать на экран ПЭВМ путем нажатия на правую клавишу мыши. Состав данного меню зависит от вида активного документа системы и от типа выполняемой операции на данный момент времени. При этом в состав *Контекстного меню* обычно входят наиболее типичные команды для данного момента работы в системе. Например, если на листе чертежа или фрагмента выделено несколько геометрических объектов, то при щелчке правой клавишей мыши на одном из них системой будет выдано *Контекстное меню* с перечнем следующих команд обработки этих выделенных объектов (рис. 10).

Таким образом, при выполнении тех или иных операций, в КОМПАС-ГРАФИК можно быстро обратиться к нужной команде не только

через *Главное меню* системы или *Компактную панель*, но и через *Контекстно-зависимые меню*. Причем последний способ является наиболее быстрым и производительным.

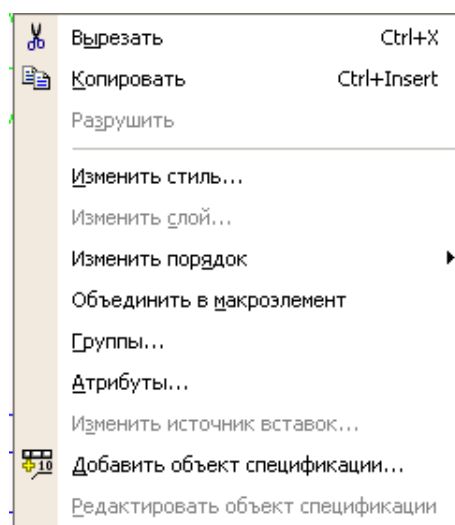


Рис. 10. Контекстное меню системы КОМПАС-ГРАФИК

При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* (см. рис. 2) в системе КОМПАС-ГРАФИК можно создавать и редактировать следующие типы документов:

- чертеж;
- фрагмент;
- текстовый документ;
- спецификацию

и шаблоны (рис. 11).

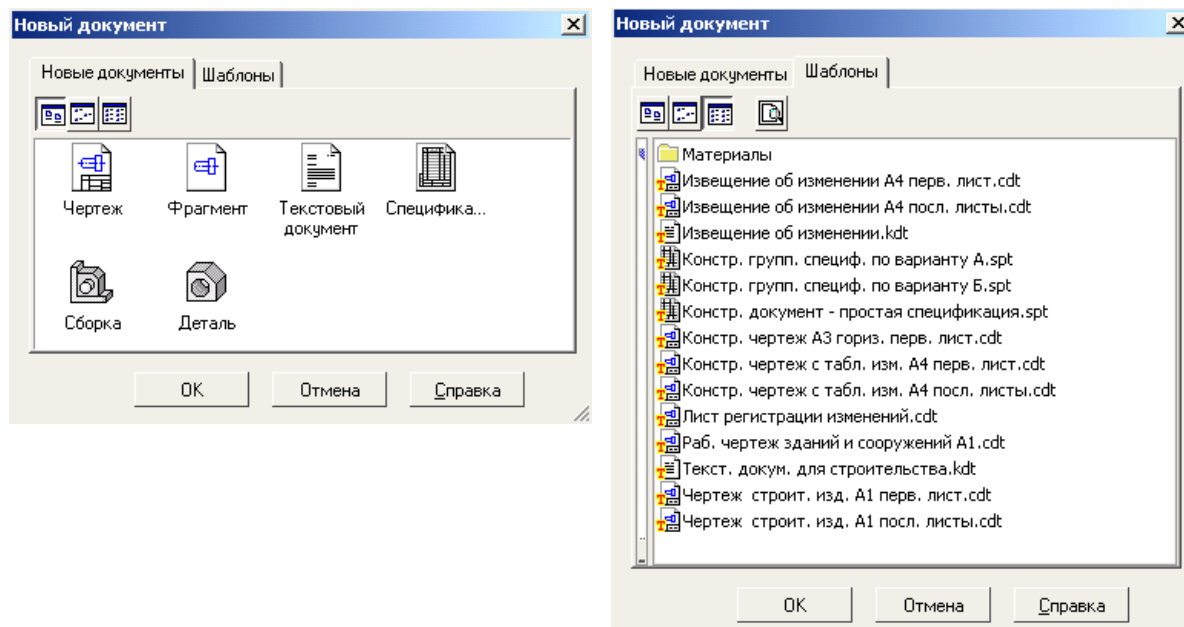


Рис. 11. Перечень типовых документов и шаблонов системы КОМПАС-ГРАФИК

Основным документом в системе КОМПАС-ГРАФИК является **чертеж** (расширение файла \*.cdw).

Каждый чертеж состоит из видов, технических требований, основной надписи (штампа чертежа) и обозначения шероховатости неуказанных поверхностей детали (знака неуказанной шероховатости). В системе КОМПАС-ГРАФИК под понятием **Вид** следует понимать любое изолированное изображение на чертеже, а не обязательно какую-либо проекцию детали в строго геометрическом толковании. Положение каждого вида в системе координат чертежа (или абсолютной системе) определяется точкой привязки, углом поворота и масштабом.

Следующим типовым документом КОМПАС-ГРАФИК является **фрагмент** (расширение файла \*.frw). В отличие от чертежа на фрагменте отсутствуют какие-либо объекты оформления (рамка, основная надпись, знак неуказанной шероховатости и технические требования).

Фрагмент идеально подходит для хранения изображений, которые не нужно оформлять как лист чертежа (эскизные прорисовки, разработки и т. д.). Кроме того, в них удобно сохранять созданные типовые решения и конструкции для последующего использования в других документах. Отметим, что КОМПАС-ГРАФИК предоставляет возможность ссылаться на внешний фрагмент без его физического копирования в документ, при этом после редактирования внешнего фрагмента автоматически будет откорректирован и старший документ.

Встроенный текстовый редактор КОМПАС-ГРАФИК позволяет создавать в данной системе различные **текстовые документы** (расширение файла \*.kdw). В текстовой документ помимо собственно текстовой части могут быть вставлены таблицы и графические иллюстрации (чертежи или фрагменты). Текстовой документ КОМПАС-ГРАФИК, как и чертеж, оформляется рамкой и основной надписью.

Следующим типовым документом КОМПАС-ГРАФИК является **спецификация** (расширение файла \*.spw.)

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую информацию о составе сборочной единицы, комплекса или комплекта. Заполнение этой таблицы и сортировка записей в ней производятся в соответствии с ГОСТ 2.106-96. Спецификация оформляется рамкой, основной надписью и таблицей [9, 10].

Работа с типовыми документами КОМПАС-ГРАФИК практически ничем не отличается от подобной работы с типовыми документами в различных приложениях операционной системы Windows (например, Word, Excel и т. д.).

## Лабораторная работа № 1

### ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ИНТЕРФЕЙСОМ И НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* ознакомиться со структурой главного окна системы, закрепить основные приемы настройки интерфейса и параметров системы КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

Ознакомьтесь со структурой главного окна системы КОМПАС-ГРАФИК. Используя интерактивные возможности данной программы, выполните последовательную настройку интерфейса и параметров самой системы и новых документов.

#### Последовательность выполнения работы

1. Выполните предварительную настройку экрана ПЭВМ для нормальной работы в системе КОМПАС-ГРАФИК. Для этого:
  - а) установите курсор мыши по центру рабочего стола ПЭВМ и нажмите правую кнопку мыши;
  - б) из появившегося на экране *Контекстного меню* выберите команду **Свойства**;
  - в) в появившемся на экране диалоговом окне «Свойства экрана» выберите вкладку **Параметры** и установите разрешение экрана – 1024×768 точек, качество цветопередачи – высокое (32 бита);
  - г) нажмите кнопку **Дополнительно** данного диалогового окна, выберите здесь же вкладку **Монитор** и установите частоту обновления экрана – 100 Гц;
  - д) зафиксируйте новые параметры экрана, нажав дважды на кнопку **ОК** данного диалогового окна;
  - е) выполните перезагрузку компьютера (при необходимости).
2. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
3. При помощи команды **Настройка интерфейса** из меню **Сервис** выполните настройку интерфейса системы:
  - а) в появившемся на экране диалоговом окне «Настройка интерфейса» выберите вкладку **Панели инструментов** и поставьте значок «галочка» напротив имен следующих панелей: *Вид, Геометрия, Компактная панель, Меню, Размеры, Стандартная, Текущее состояние*. Проанализируйте изменения, произошедшие с интерфейсом системы;

- б) в диалоговом окне «Настройка интерфейса» выберите вкладку **Команды** и категорию **Сервис**. В списке команд, принадлежащих этой категории, выберите команду **Калькулятор** и перетащите при помощи мыши ее пиктограмму на *Панель управления*.
4. При помощи команды **Параметры** из меню **Сервис** выполните настройку параметров системы и новых документов. В появившемся на экране диалоговом окне «Параметры» выберите вкладку **Система**:
- а) из папки **Общие** выберите команду **Представление чисел** и установите: количество знаков числа после запятой в полях ввода/вывода – 2; единицы измерения углов – десятичная система исчисления;
  - б) из папки **Экран** выберите команду **Фон рабочего поля** и установите цвет фона рабочего поля – светло-серый, а цвет фона редактирования текста – белый;
  - в) из папки **Файлы** выберите команду **Установка прав доступа** и установите уровень доступа к открытым файлам документов – разрешить чтение и запись;
  - г) из папки **Графический редактор** выберите команду **Системные линии** и установите следующие цвета системных линий: основная линия – темно-синий; тонкая, штриховая, пунктир 2, линия обрыва – черный; осевая – красный; утолщенная – голубой; вспомогательная – белый;
  - д) из папки **Графический редактор** выберите команду **Параметры новых размеров**, и установите значок «галочка» напротив основных и дополнительных квалитетов, и выберите тип стрелки – изнутри;
  - е) из папки **Графический редактор** выберите команду **Привязки** и установите все типы привязок (кроме привязки **По сетке**), а также их динамическое отслеживание и отображение текста привязки;
  - ж) из папки **Текстовый редактор** выберите команду **Редактирование** и установите коэффициент изменения масштаба – 1,2, а количество шагов назад при отмене действий – 50.
5. В диалоговом окне «Параметры» выберите вкладку **Новые документы**:
- а) из папки **Текстовый документ – Параметры листа** выберите команду **Формат** и установите для нового текстового документа формат листа – А4 с вертикальной ориентацией;
  - б) из папки **Текстовый документ** выберите команду **Текст документа** и установите: тип шрифта – GOST type A; стиль шрифта – курсивный; высота шрифта – 5 мм; сужение шрифта – 1 мм; шаг строк – 7 мм; выравнивание – на всю ширину;

- в) из папки **Графический документ** выберите команду **Единицы измерения** и установите тип единиц измерения – миллиметры;
- г) из папки **Графический документ** выберите команду **Стрелки и засечки** и установите способ отрисовки стрелок размерных линий – зачернять;
- д) из папки **Графический документ – Размеры** выберите команду **Точности** и установите число знаков после запятой в размерных надписях линейных размеров – 2, а в угловых размерах – минуты;
- е) из папки **Графический документ** выберите команду **Текст на чертеже** и установите: тип шрифта – GOST type A; стиль шрифта – курсивный; высота шрифта – 5 мм; сужение шрифта – 1 мм; шаг строк – 7 мм; выравнивание – влево;
- ж) из папки **Графический документ** выберите команду **Шероховатость** и установите параметры обозначения шероховатости – в соответствии с изменением № 3 ГОСТ 2.309-73;
- з) из папки **Графический документ** выберите команду **Линия разреза/сечения** и установите: тип шрифта – GOST type A; стиль шрифта – прямой; высота шрифта – 7 мм; сужение шрифта – 1 мм; длина штриха – 15 мм;
- и) из папки **Графический документ** выберите команду **Стрелка взгляда** и установите: тип шрифта – GOST type A; стиль шрифта – прямой; высота шрифта – 7 мм; сужение шрифта – 1 мм; длина объекта – 15 мм;
- к) из папки **Графический документ** выберите команду **Перекрывающиеся объекты** и установите способ отображения перекрывающихся объектов – прерывать штриховку и линии при пересечении с размерными стрелками, размерными надписями и обозначениями; величина зазора – 1,0 мм.
- л) из папки **Графический документ – Параметры листа** выберите команду **Формат** и установите для нового графического документа формат листа – А4 с вертикальной ориентацией;
- м) из папки **Графический документ – Параметры листа** выберите команду **Вид** и установите следующие параметры нового вида: масштаб – 1 : 1; передаваемые объекты – тела, обозначения резьбы;
- н) из папки **Графический документ – Параметры листа** выберите команду **Основная надпись** и установите автоматическую синхронизацию основной надписи, а также синхронизацию значения массы детали и единицы измерения массы – килограммы;
- о) из папки **Графический документ – Параметры листа** выберите команду **Технические требования** и установите: тип шриф-

та – GOST type A; стиль шрифта – курсивный; высота шрифта – 5 мм; сужение шрифта – 1 мм; шаг строк – 7 мм; выравнивание – на всю ширину.

6. Зафиксируйте изменение параметров системы и новых документов КОМПАС-ГРАФИК, нажав на кнопку **ОК** диалогового окна «Параметры».
7. Используя команду **Создать** из меню **Файл** или одноименную пиктограмму на *Панели управления* системы, последовательно создайте в КОМПАС-ГРАФИК следующие типы новых документов: чертеж, фрагмент, текстовый документ и спецификация.
8. Ознакомьтесь со структурой главного окна системы и проанализируйте содержание *Главного меню*, *Стандартной панели*, *Панели Вид*, *Панели текущего состояния*, *Компактной панели*, *Панель инструментов* и *Панели свойств* для каждого нового документа системы.
9. При помощи команды **Мозаика вертикально** из меню **Окно** выполните одновременный просмотр всех четырех Вами созданных типовых документов КОМПАС-ГРАФИК.

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант вертикальной мозаики четырех типовых документов КОМПАС-ГРАФИК. Преподавателем оценивается правильность настройки экрана ПЭВМ, интерфейса системы и параметров новых документов КОМПАС-ГРАФИК.

## Лабораторная работа № 2

### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* закрепить основные приемы геометрических построений базовых элементов в системе КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, выполните построение комплекса геометрических элементов по аналогии с техническими рисунками № 1 и 2 (рис. 12 и 13).

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый фрагмент чертежа.
3. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Геометрия*, постройте в новом фрагменте чертежа набор геометрических фигур, приведенных на рис. 12 и 13.

**Примечание.** Пояснительные надписи, изображенные над каждой из геометрических фигур (см. рис. 12 и 13), обозначают последовательность команд *Панели инструментов Геометрия*, которые необходимо использовать при построении того или иного объекта.

4. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Размеры*, нанесите на всех геометрических объектах, построенных ранее, соответствующие размеры по аналогии с техническими рисунками № 1 и 2 (см. рис. 12 и 13).
5. При помощи команды **Ввод текста** *Панели инструментов Обозначения* выполните пояснительные надписи над всеми геометрическими объектами по аналогии с техническими рисунками № 1 и 2 (см. рис. 12 и 13).

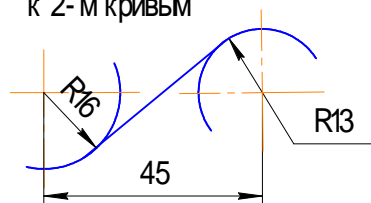
#### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант технических рисунков № 1 и 2, выполненных по аналогии с рис. 12 и 13. Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения технических рисунков № 1 и 2.

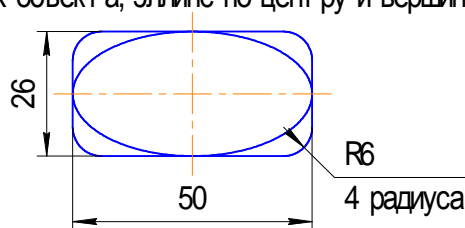




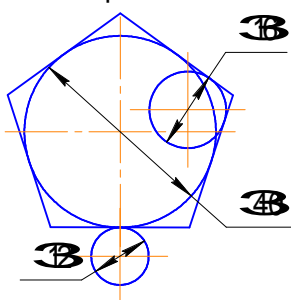
Дуга окружност и, дуга по 3-м т очкам, от резок, касат ельный к 2-м кривым



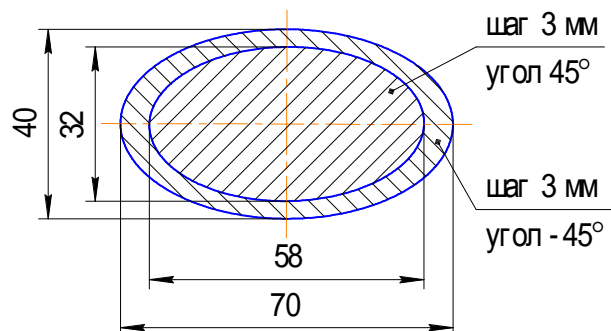
Прямоугольник по цент ру и вершине, скруг ление на углах объект а, эллипс по цент ру и вершине прям-ка



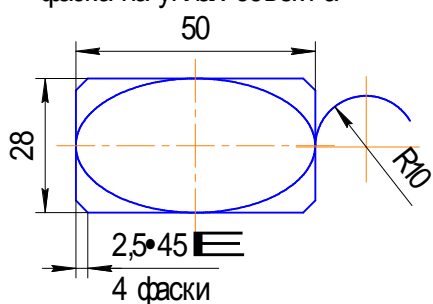
Ввод многоугольника, окруж ность, касат ельная к 1-й, 2-м и 3-м кривым



Эллипс по цент ру и полуосям, эллипс по цент ру и 3-м т очкам, шг риховка



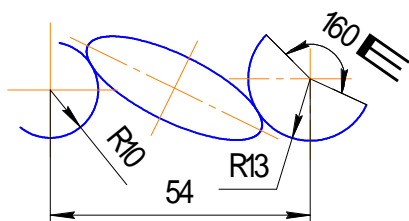
Прямоугольник по диагонали, эллипс по диагонали прям-ка, дуга, касат ельная к кривой, фаска на углах объект а



Прямоугольник по диагонали, эллипс по 3-м вершинам параллелограмма, фаска, шг риховка



Дуга по 2-м т очкам, дуга по 2-м т очкам и углу раст вора, эллипс, касат ельный к 2-м кривым



Прямоугольник по диагонали; эллипс по цент ру, середине ст ороны и вершине параллелограмма, скруг ление, шг риховка

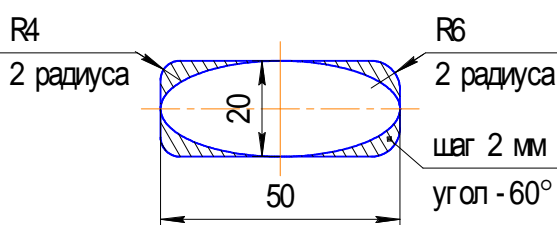


Рис. 13. Технический рисунок № 2

### Лабораторная работа № 3

## СОЗДАНИЕ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ МАШИН СТАНДАРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* закрепить основные приемы геометрических построений базовых элементов, нанесения размеров и технологических обозначений, создания технических требований на чертежах КОМПАС-ГРАФИК.

### Задание

Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте рабочий чертеж детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 14–28.

### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3 или А4.
3. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Геометрия*, постройте на новом листе чертежа в стандартном масштабе геометрический контур рабочего чертежа детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 14–28.

**Примечание.** При выполнении лабораторной работы номер варианта рабочего чертежа (см. рис. 14–28) должен соответствовать порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

4. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов Размеры, Обозначения* нанесите на ранее построенном рабочем чертеже детали машин размеры и технологические обозначения в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 14–28.
5. Используя команды **Неуказанная шероховатость**, **Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка**, нанесите на ранее построенном рабочем чертеже значок неуказанной шероховатости, введите технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа (см. рис. 14–28).

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант рабочего чертежа детали машин, выполненного в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 14–28. Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения рабочего чертежа.

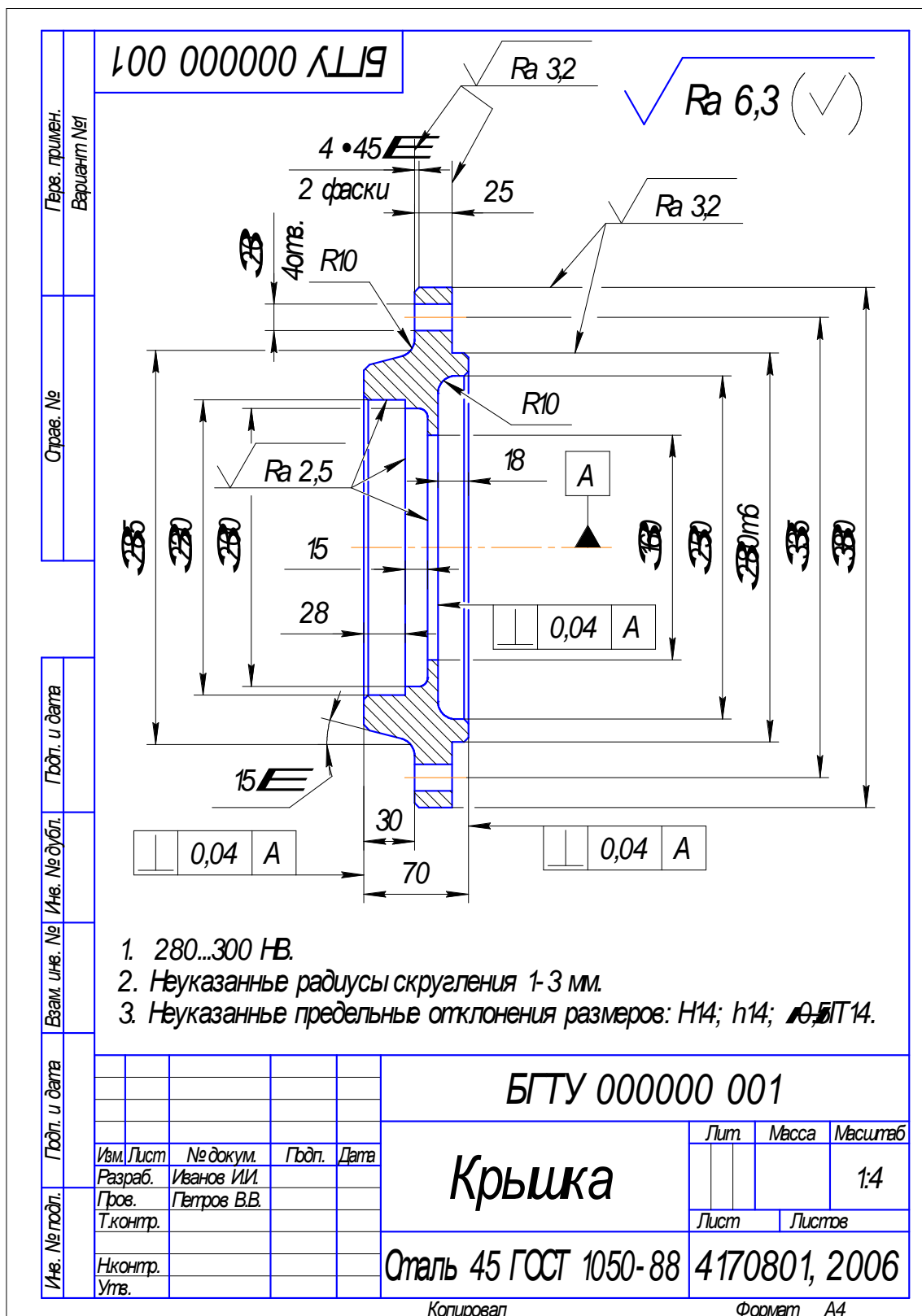


Рис. 14. Рабочий чертеж крышки

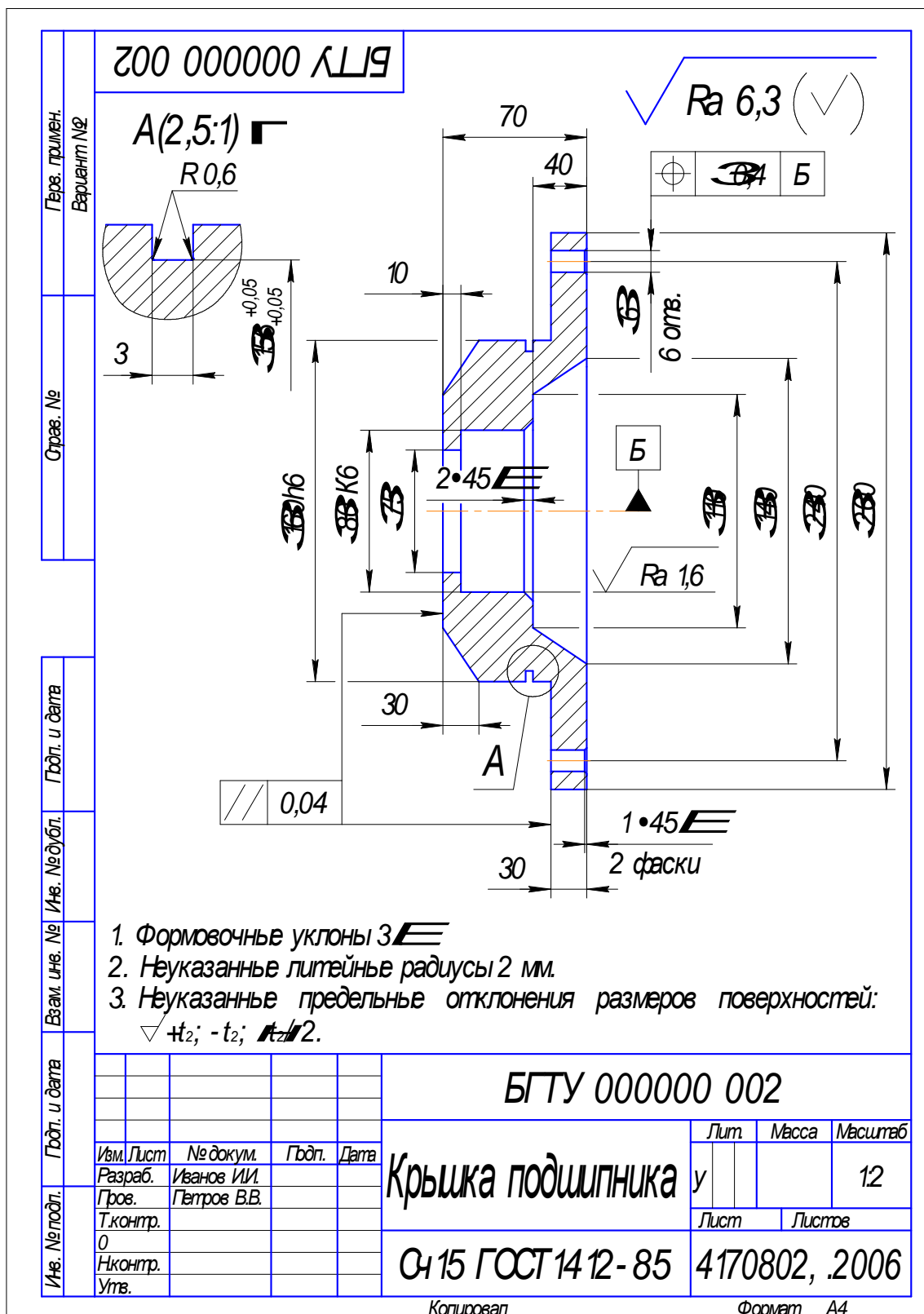


Рис. 15. Рабочий чертеж крышки подшипника

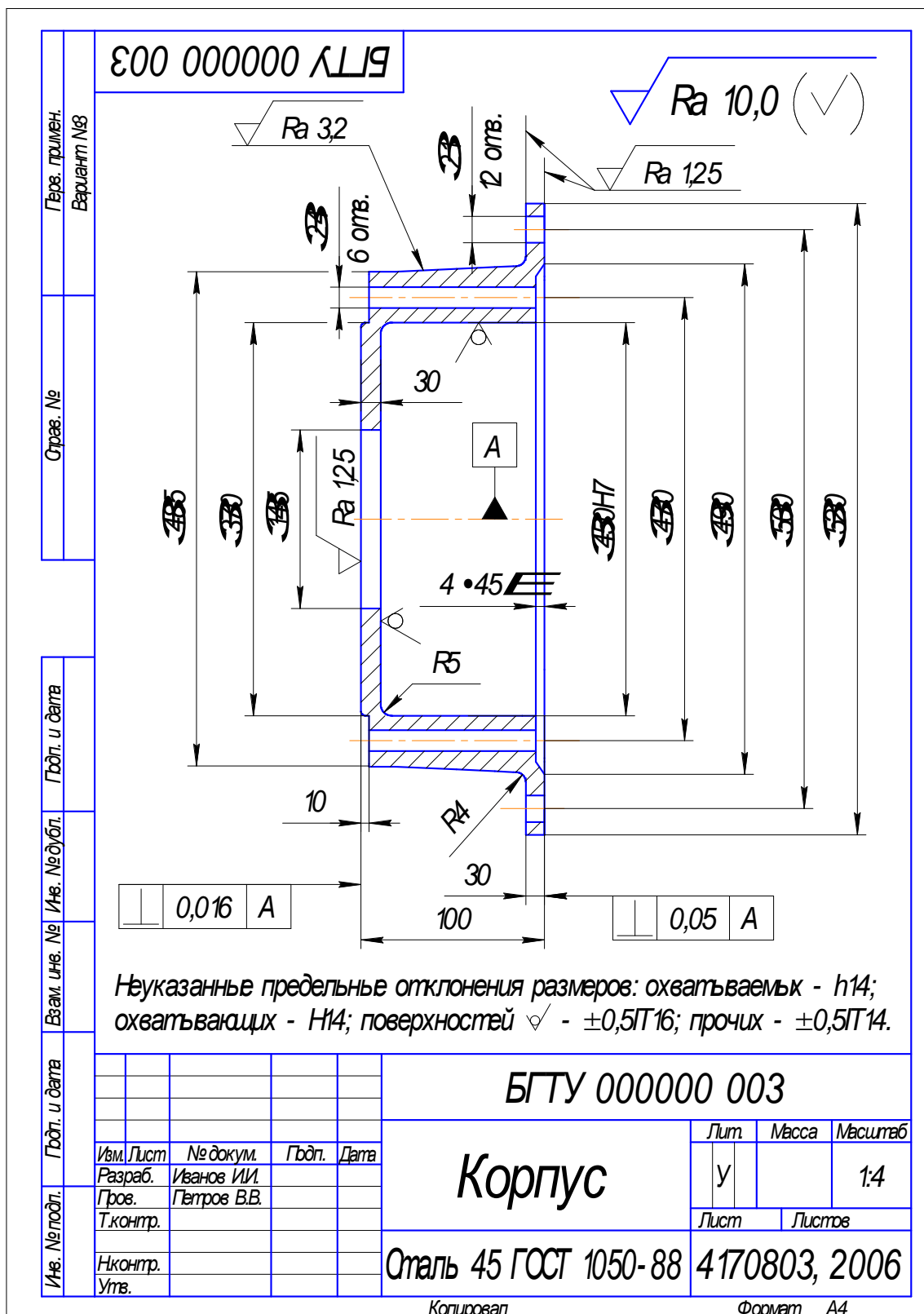


Рис. 16. Рабочий чертеж корпуса



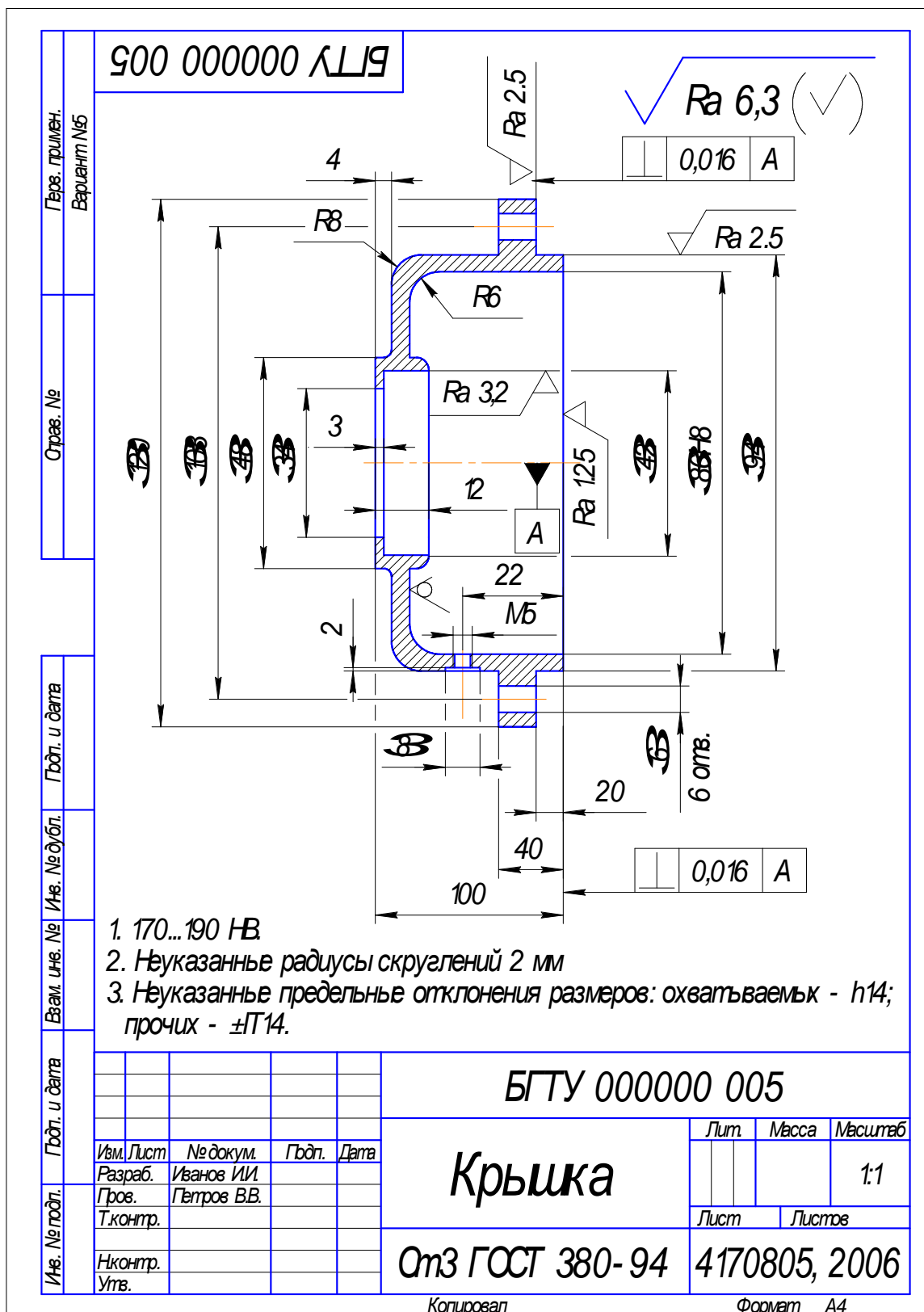


Рис. 18. Рабочий чертеж крышки









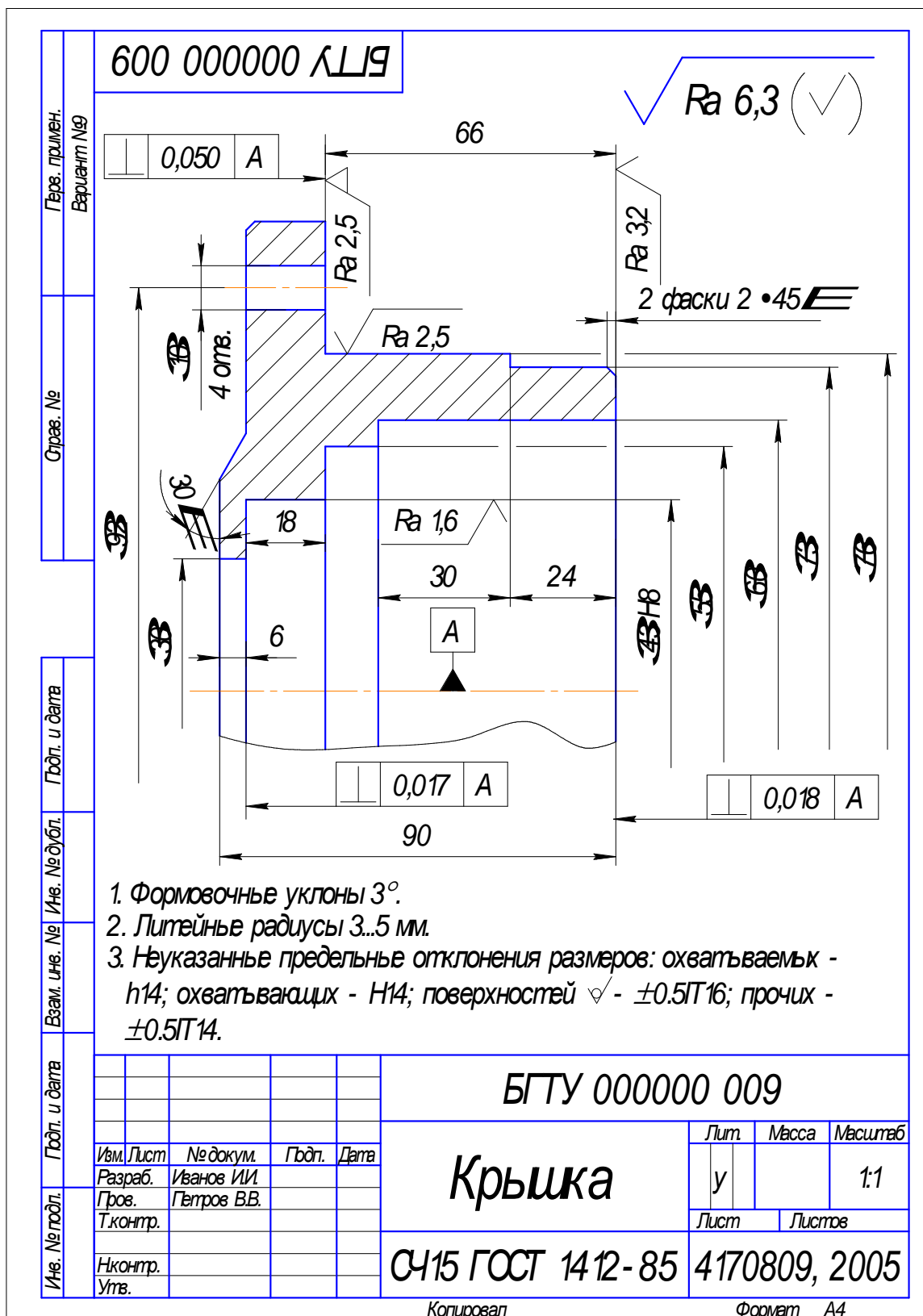


Рис. 22. Рабочий чертеж крышки

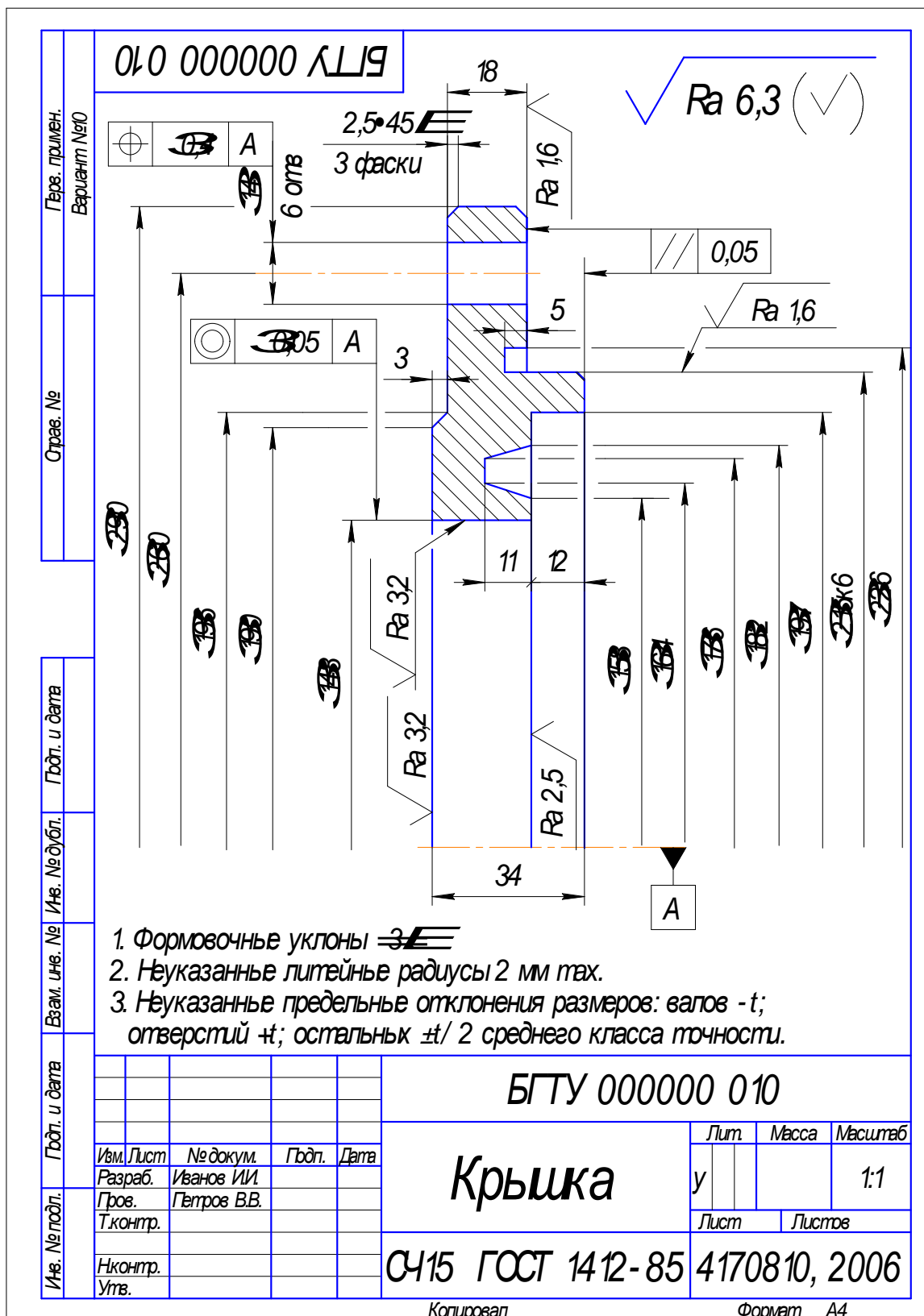


Рис. 23. Рабочий чертеж крышки









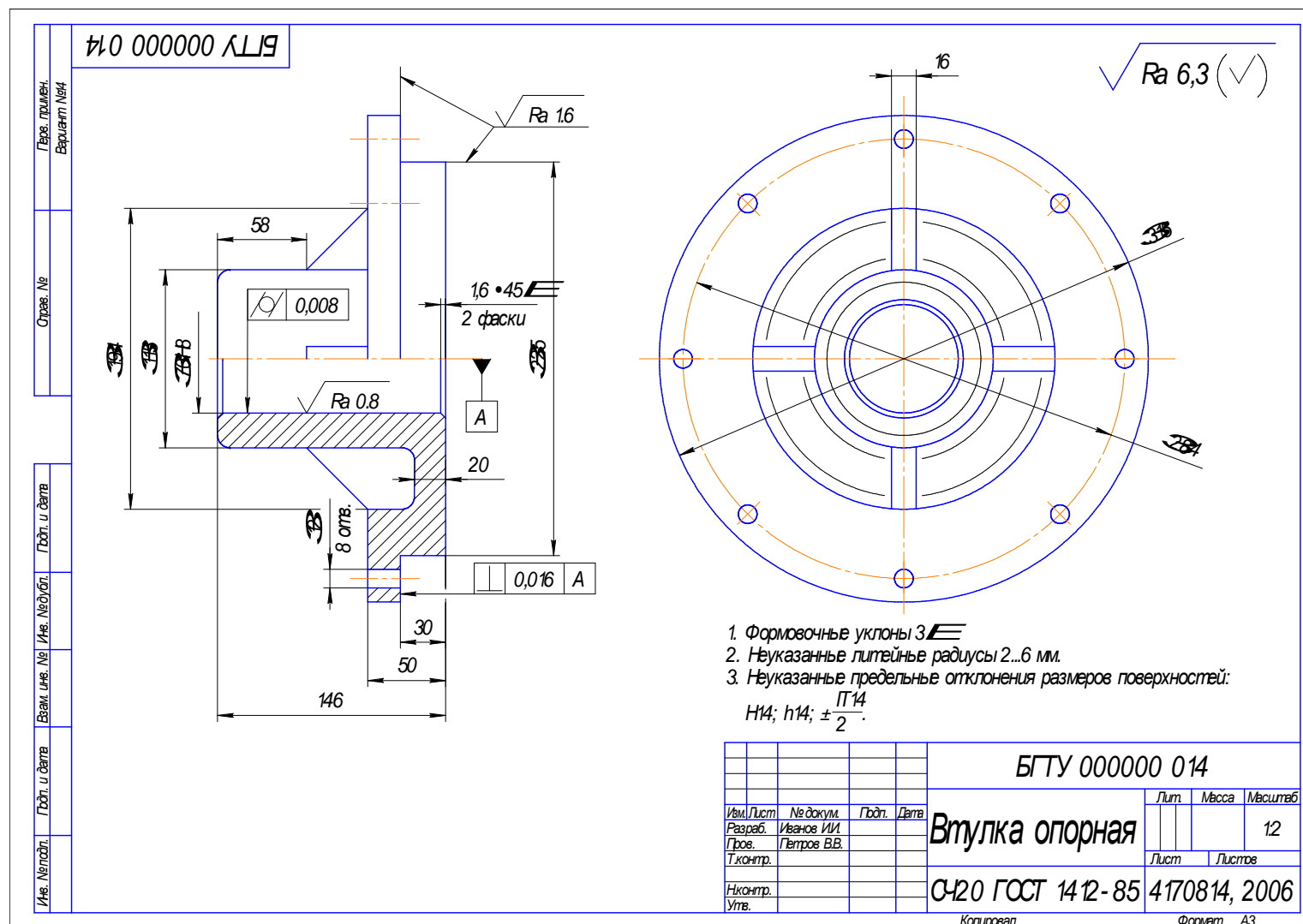


Рис. 27. Рабочий чертеж опорной втулки



## Лабораторная работа № 4

### ПОСТРОЕНИЕ И АППРОКСИМАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ, СОЗДАНИЕ (РЕДАКТИРОВАНИЕ) ТЕКСТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ТАБЛИЦ В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* закрепить основные приемы построения и аппроксимации графических зависимостей, создания и редактирования текстовой документации и таблиц в системе КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

1. При помощи библиотеки FTDraw постройте в системе КОМПАС-ГРАФИК три графические зависимости: по уравнению в декартовой системе координат, по уравнению в полярной системе координат, по заданной табличной зависимости в декартовой системе координат.
2. Используя прикладную библиотеку КОМПАС, выполните аппроксимацию трех ранее построенных графических зависимостей в системе КОМПАС-ГРАФИК.
3. При помощи текстового редактора КОМПАС-ГРАФИК создайте и отредактируйте в данной системе новый текстовый документ с предопределенным текстом.
4. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, создайте на новом листе чертежа заданную таблицу с предопределенным текстом.

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3.
3. При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы запустите в КОМПАС-ГРАФИК библиотеку FTDraw.
4. Используя библиотеку FTDraw, постройте на новом листе чертежа в декартовой системе координат определенную графическую зависимость по уравнению, представленному в табл. 1. При этом количество точек для построения графика функции  $y = f(x)$  можно принять  $n = 10$ .

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта функции  $y = f(x)$ , представленной в табл. 1, должен

полностью совпадать с порядковым номером студента в учебном журнале преподавателя.

Таблица 1. **Перечень функций  $y = f(x)$  для построения графических зависимостей в декартовой системе координат**

1. Прямая $y = \frac{x}{4} + 5; \quad x \in [1; 10]$	2. Гипербола $y = \frac{4}{x} + 1,5; \quad x \in [1; 10]$
3. Парабола $y = 2x^2 + 4x - 8; \quad x \in [0; 5]$	4. Кубическая функция $y = 0,5x^3 + 2,5x^2 - 4x + 2; \quad x \in [0; 5]$
5. Показательная функция $y = 3^x - 4,5; \quad x \in [0; 5]$	6. Логарифмическая функция $y = \ln x + 2,2; \quad x \in [1; 20]$
7. Логарифмическая функция $y = \log x - 4; \quad x \in [1; 20]$	8. Синусоида $y = 2 \sin x + 1,8; \quad x \in [-10; 10]$
9. Циклоида $x = 2 \arccos\left(1 - \frac{y}{2}\right) - \sqrt{4y - y^2};$ $x \in [0; 4]$	10. Эллипс $\frac{x^2}{10^2} + \frac{y^2}{6^2} = 1; \quad x \in [-1; 9]$
11. Верзьера Аньези $y = \frac{512}{x^2 + 64}; \quad x \in [-10; 10]$	12. Циссоида $y^2 = \frac{x^3}{5 - x}; \quad x \in [1; 4]$
13. «Крест» $x^2 y^2 = 14,44(x^2 + y^2); \quad x \in [5; 10]$	14. Парабола Нейля $y = \frac{1}{2} x^{3/2}; \quad x \in [1; 10]$
15. Гипоциклоида $x^{2/3} + y^{2/3} = 10^{2/3}; \quad x \in [-0,5; 0,5]$	

5. На полученной графической зависимости при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Обозначения** произвести разметку осей абсцисс и ординат, подписать вышеупомянутые оси и сам график.
6. Используя библиотеку FTDraw, постройте на листе чертежа в полярной системе координат определенную графическую зависимость по уравнению, представленному в табл. 2. При этом количество точек для построения графика функции  $r = f(\varphi)$  можно принять  $n = 20$ .

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта функции  $r = f(\varphi)$ , представленной в табл. 2, должен

совпадать с порядковым номером студента в учебном журнале преподавателя.

Таблица 2. Перечень функций  $r = f(\varphi)$  для построения графических зависимостей в полярной системе координат

1. Прямая $r(5 \cos \varphi + 6 \sin \varphi) + 8 = 0$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$	2. Прямая $r(\operatorname{tg} \varphi + \sin \varphi) + 10 = 0$ ; $\varphi \in [\pi/4; \pi/3]$
3. Гипербола $r^2 = \frac{-16}{1 - 0,5^2 \cos^2 \varphi}$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$	4. Парабола $r = \frac{5 \cos \varphi}{1 - \cos^2 \varphi}$ ; $\varphi \in [\pi/4; \pi/2]$
5. Спираль Архимеда $r = 4,2\varphi - 1,5$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$	6. Лемниската Бернулли $r^2 = 12,96 \cos 2\varphi$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$
7. Циссоида $r = \frac{1,3 \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$	8. «Крест» $r = \frac{6,4}{\sin 2\varphi}$ ; $\varphi \in [\pi/3; \pi/2]$
9. Логарифмическая спираль $r = 2,2e^{4\varphi}$ ; $\varphi \in [\pi/4; \pi/3]$	10. Кардиоида $r = 7(1 + \cos \varphi)$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$
11. Эвольвента $\varphi = \frac{\sqrt{r^2 - 1,4^2}}{1,4} - \arccos \frac{1,4}{r}$ ; $\varphi \in [\pi; 2\pi]$	12. Трисектриса $r = 8,2 \left( 4 \cos \varphi - \frac{1}{\cos \varphi} \right)$ ; $\varphi \in [\pi; 2\pi]$
13. Улитка Паскаля $r = 10 - 3,4 \cos \varphi$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$	14. Параболическая спираль $r^2 = 18\varphi$ ; $\varphi \in [0; 2\pi]$
15. Циссоида Диоклеса $r = 4,5 \left( \frac{1}{\cos \varphi} - \cos \varphi \right)$ ; $\varphi \in [\pi; 2\pi]$	

- На полученной графической зависимости при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Обозначения** произвести разметку осей абсцисс и ординат, подписать вышеупомянутые оси и сам график.
- При помощи библиотеки FTDraw откройте на экране ПЭВМ рабочее окно **КОМПАС-калькулятора**.
- Используя уравнения функций  $y = f(x)$ , представленные в табл. 1, задайтесь десятью произвольными значениями  $x$  и определите с помощью **КОМПАС-калькулятора** соответствующие им значения функции  $y$ .

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта функции  $y = f(x)$ , представленной в табл. 1, должен совпадать с порядковым номером студента в учебном журнале преподавателя плюс цифра 1.

10. Полученные в ходе вычисления функции  $y = f(x)$ , значения  $x$  и  $y$  представьте на листе чертежа в виде табличной зависимости, пример выполнения которой отображен на рис. 29.

Функция $y = \frac{x}{4} + 25$		
№ п/п	значения (x)	значения (y)
1.	1	25,25
2.	2	25,5
3.	3	25,75
4.	4	26,0
5.	5	26,25
6.	6	26,5
7.	7	26,75
8.	8	27,0
9.	9	27,25
10.	10	27,5

Рис. 29. Результаты вычисления функции  $y = \frac{x}{4} + 25$

- Используя библиотеку FTDraw, постройте на листе чертежа в декартовой системе координат график функции  $y = f(x)$  (см. табл. 1) по заданной табличной зависимости (см. рис. 29).
- На полученной графической зависимости при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Обозначения** произвести разметку осей абсцисс и ординат, подписать вышеупомянутые оси и сам график.
- При помощи команды **Разрушить** из *Контекстного меню* системы разбейте три ранее построенные графические зависимости на составные части.
- При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы от-

кroyте в диалоговом окне «Менеджер библиотек» папку **Прочие** и запустите прикладную библиотеку КОМПАС.

15. При помощи операции **Аппроксимация кривой** из папки **Прочие операции** прикладной библиотеки КОМПАС выполните аппроксимацию трех ранее построенных графических зависимостей.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы величину допускаемой погрешности аппроксимации можно принять равной 0,2 мм.

16. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист текстового документа формата А4.

17. На *Панели свойств* нового текстового документа установите следующие параметры ввода текста: тип шрифта – GOST type A; стиль шрифта – курсивный; цвет шрифта – черный; высота символов – 5 мм; сужение символов – 1 мм; шаг строк – 4 мм; выравнивание – по левому краю листа.

18. Наберите в новом текстовом документе текст следующего содержания:

«УДК 666.942<sup>1</sup>

В. Ю. Мурог

Определение критической скорости разрушения частиц в мельницах ударного действия.

Процессы измельчения являются весьма распространенными и встречаются практически в любой отрасли производственной деятельности. Применение тонко- и сверхтонкоизмельченных материалов повышает эффективность технологических процессов, приближая их к научно обоснованной оптимальной технологии. Ежегодно на измельчение затрачивается около 5–10% от всей производимой в мире электроэнергии и несколько миллионов тонн высококачественной стали. Практика показывает, что удельный расход электроэнергии резко возрастает с увеличением тонины помола, тогда как используемые в настоящее время для измельчения машины, особенно для сверхтонкого помола, отличаются чрезвычайно низкой эффективностью, их КПД составляет в лучшем случае несколько процентов».

19. Используя стандартные средства текстового редактора КОМПАС-ГРАФИК, отредактируйте набранный текст следующим образом:

- а) третий абзац текста (считая сверху) выровняйте по центру страницы, сделайте полужирным и измените высоту его шрифта с 5 на 7 мм;
- б) весь оставшийся текст, начиная с четвертого абзаца и ниже, выровняйте по ширине страницы и установите отступ слева в начале каждого абзаца (величину красной строки) – 5 мм;
- в) Замените в набранном тексте все слова «Машина» на слова «Агрегат».

20. В ранее созданном текстовом документе КОМПАС-ГРАФИК постройте таблицу по образцу, представленному на рис. 30.

180												17	47	82
45•4			Мет анал - вода			Хлороформ - бензол			Вода - уксусная кислот а					
Температ ура, °С	Молярная доля мет а-нола, %		Температ ура, °С	Молярная доля хлороформа, %		Температ ура, °С	Молярная доля воды, %		Температ ура, °С	Молярная доля азот а, %				
	в жидкост и	в паре		в жидкост и	в паре		в жидкост и	в паре		в жидкост и	в паре			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10•8		
100	0	0	80	0	0	118	0	0	90	0	0			
96	2	13	79	8	10	115	5	9	89	3	13			
91	6	30	78,2	22	30	110	20	30	88	11	30			
81	20	57	76	36	50	105	40	53	86	22	47			
75	40	72	74	54	70	103	60	71	84	33	63			
71	60	82	68	79	90	101	80	86	82	47	76			
64	100	100	-	-	-	-	-	-	78	91	97			
15•12														

Рис. 30. Равновесные составы жидкости и пара для бинарных смесей при 760 мм. рт. ст.

## Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант:

- а) листа чертежа формата А3 с изображенными на нем тремя графическими зависимостями, построенными (аппроксимированными) различными способами, и таблицей (см. рис. 29);
- б) листа текстового документа формата А4 с отредактированным предопределенным текстом и таблицей (см. рис. 30).

Преподавателем оценивается объем выполнения лабораторной работы, правильность построения и аппроксимации графических зависимостей, правильность набора и редактирования предопределенного текста, а также правильность построения таблиц.



## Лабораторная работа № 5

### ВЫДЕЛЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР И СОСТАВНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЧЕРТЕЖАХ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* закрепить основные приемы выделения и редактирования плоских геометрических элементов и составных объектов на чертежах КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, выполните построение и редактирование комплекса геометрических элементов по аналогии с техническими рисунками № 1–5 (рис. 31–35).

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата A2.
3. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и отредактируйте на новом листе чертежа набор геометрических элементов (см. рис. 20) в следующей последовательности:
  - а) при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Геометрия** и **Размеры** постройте на новом листе чертежа в масштабе 1 : 1 геометрическую фигуру (рис. 31, а) и нанесите на ней соответствующие размеры.
  - б) при помощи соответствующих команд из меню **Выделить** или *Панели инструментов* **Выделение** выделите геометрическую фигуру (см. рис. 31, а) без размеров;
  - в) используя команду **Объединить в макроэлемент** из меню **Сервис** или *Контекстного меню* объедините в макроэлемент ранее выделенную геометрическую фигуру (см. рис. 31, а);
  - г) скопируйте при помощи мыши или *Буфера обмена* КОМПАС-ГРАФИК вышеначерченную фигуру (см. рис. 31, а) без размеров и поместите ее справа относительно оригинала (рис. 31, б);
  - д) используя команду **Сдвиг указанием** из меню **Редактор** или **Сдвиг** на *Панели инструментов* **Редактирование**, переместите (сдвиньте) геометрическую фигуру (см. рис. 31, б) по оси X на 15 мм, а по оси Y – на 8 мм с сохранением исходного объекта (см. рис. 31, б).

**Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования за базовую точку сдвига необходимо принять центр окружности диаметром 20 мм;

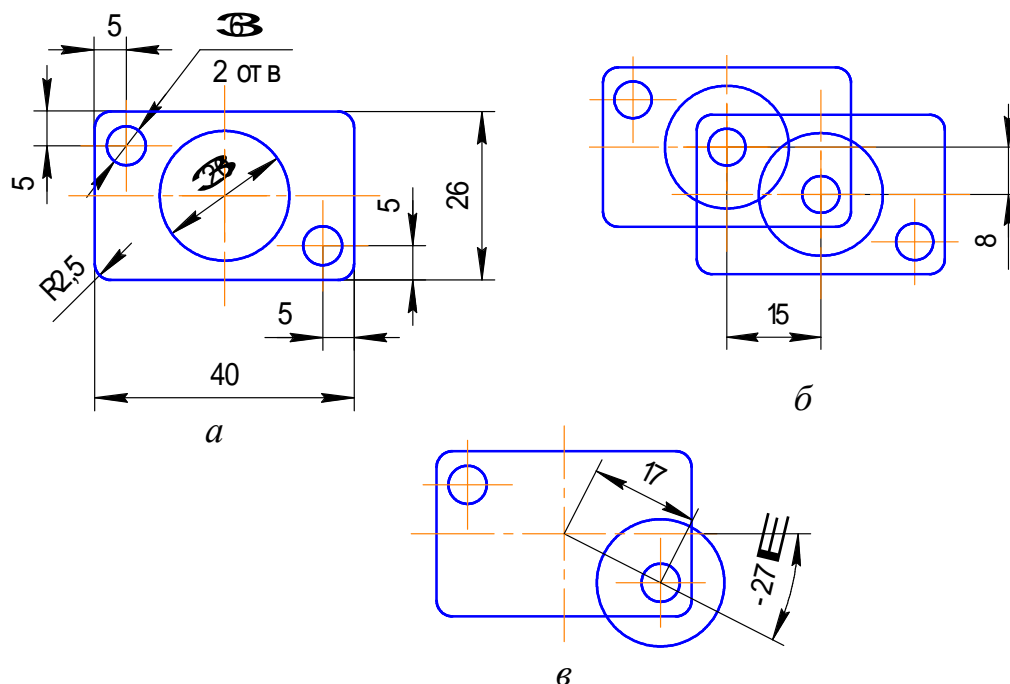


Рис. 31. Технический рисунок № 1: *а* – исходный объект; *б* – редактирование при помощи команды **Сдвиг**; *в* – редактирование при помощи команды **Сдвиг по углу и расстоянию**

- е) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения* выполните надпись «Сдвиг» над отредактированной фигурой (см. рис. 31, *б*);
- ж) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 31, *а*) без размеров и поместите ее справа относительно отредактированной фигуры (рис. 31, *в*);
- з) при помощи команды **Разрушить** из *Контекстного меню* разрушите на отдельные элементы геометрическую фигуру (см. рис. 31, *в*) и выделите на ней курсором окружность диаметром 20 мм;
- и) используя команду **Сдвиг по углу и расстоянию** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов Редактирование*, переместите (сдвиньте) выделенную окружность диаметром 20 мм на расстояние 17 мм и угол  $-27^\circ$  без сохранения исходного объекта (см. рис. 31, *в*);
- к) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения* выполните надпись «Сдвиг по углу и расстоянию» над отредактированной фигурой (см. рис. 31, *в*).

4. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и отредактируйте на листе чертежа набор геометрических элементов (рис. 32) в следующей последовательности:

- а) при помощи соответствующих команд *Панели инструментов Геометрия* и **Размеры** постройте на листе чертежа в масштабе 1 : 1 геометрическую фигуру (рис. 32, а) и нанесите на ней соответствующие размеры;

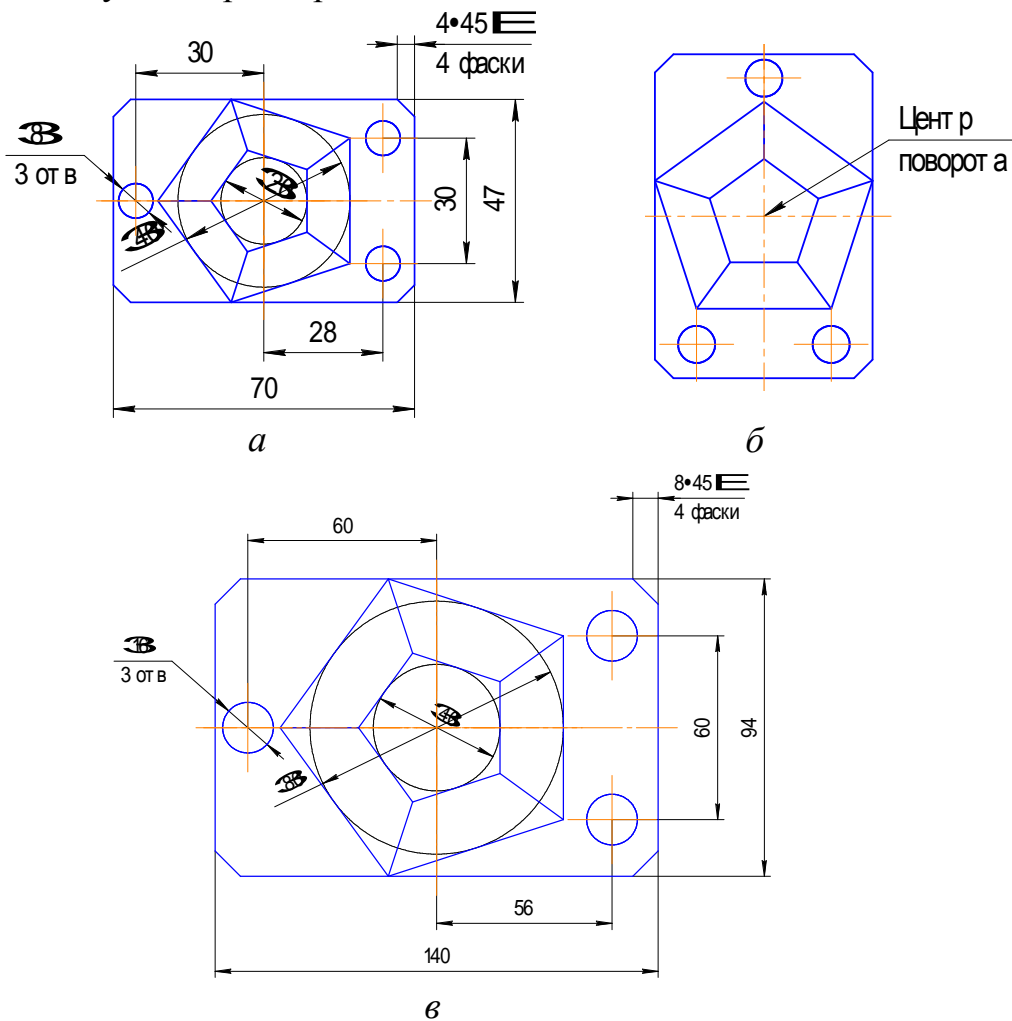


Рис. 32. Технический рисунок № 2: а – исходный объект; б – редактирование при помощи команды **Поворот**; в – редактирование при помощи команды **Масштабирование**

- б) применяя соответствующие команды из меню **Выделить** или *Панели инструментов Выделение*, выделите геометрическую фигуру (см. рис. 32, а) без размеров;
- в) при помощи команды **Объединить в макроэлемент** из меню **Сервис** или *Контекстного меню* объедините в макроэлемент ранее выделенную геометрическую фигуру (см. рис. 32, а);

- г) скопируйте при помощи мыши или *Буфера обмена* КОМПАС-ГРАФИК вышеначерченную фигуру (см. рис. 32, а) без размеров и поместите ее справа относительно оригинала (рис. 32, б);
  - д) при помощи команды **Поворот** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов* **Редактирование** поверните геометрическую фигуру (рис. 32, б) на угол  $-90^\circ$  относительно центра пересечения осей симметрии фигуры без сохранения исходного объекта (рис. 32, б);
  - е) используя команду **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения**, выполните надпись «Поворот» над отредактированной фигурой (см. рис. 32, б);
  - ж) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 32, а) и поместите ее справа относительно отредактированной (см. рис. 32, в);
  - з) при помощи команды **Рамкой** из меню **Выделить** или команды **Выделить рамкой** на *Панели инструментов* **Выделение** выделите геометрическую фигуру (см. рис. 32, в) целиком (с размерами);
  - и) используя команду **Масштабирование** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов* **Редактирование**, увеличьте масштаб выделенной фигуры (см. рис. 32, в) в 2 раза относительно центра пересечения осей симметрии фигуры без сохранения исходного объекта, но с обязательным масштабированием выносных линий (см. рис. 32, в).
- Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования обратите внимание на увеличение в 2 раза численных значений размеров масштабируемой фигуры;
- к) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Масштабирование» над отредактированной фигурой (см. рис. 32, в).
5. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и отредактируйте на листе чертежа набор геометрических элементов (рис. 33) в следующей последовательности:
- а) при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Геометрия** и **Размеры** постройте на листе чертежа в масштабе 1 : 1 геометрическую фигуру (рис. 33, а) и нанесите на ней соответствующие размеры;
  - б) используя команду **Секущей ломанной** из меню **Выделить** или команду **Выделить секущей ломаной** на *Панели инструментов* **Выделение**, выделите геометрическую фигуру (см. рис. 33, а) без размеров;

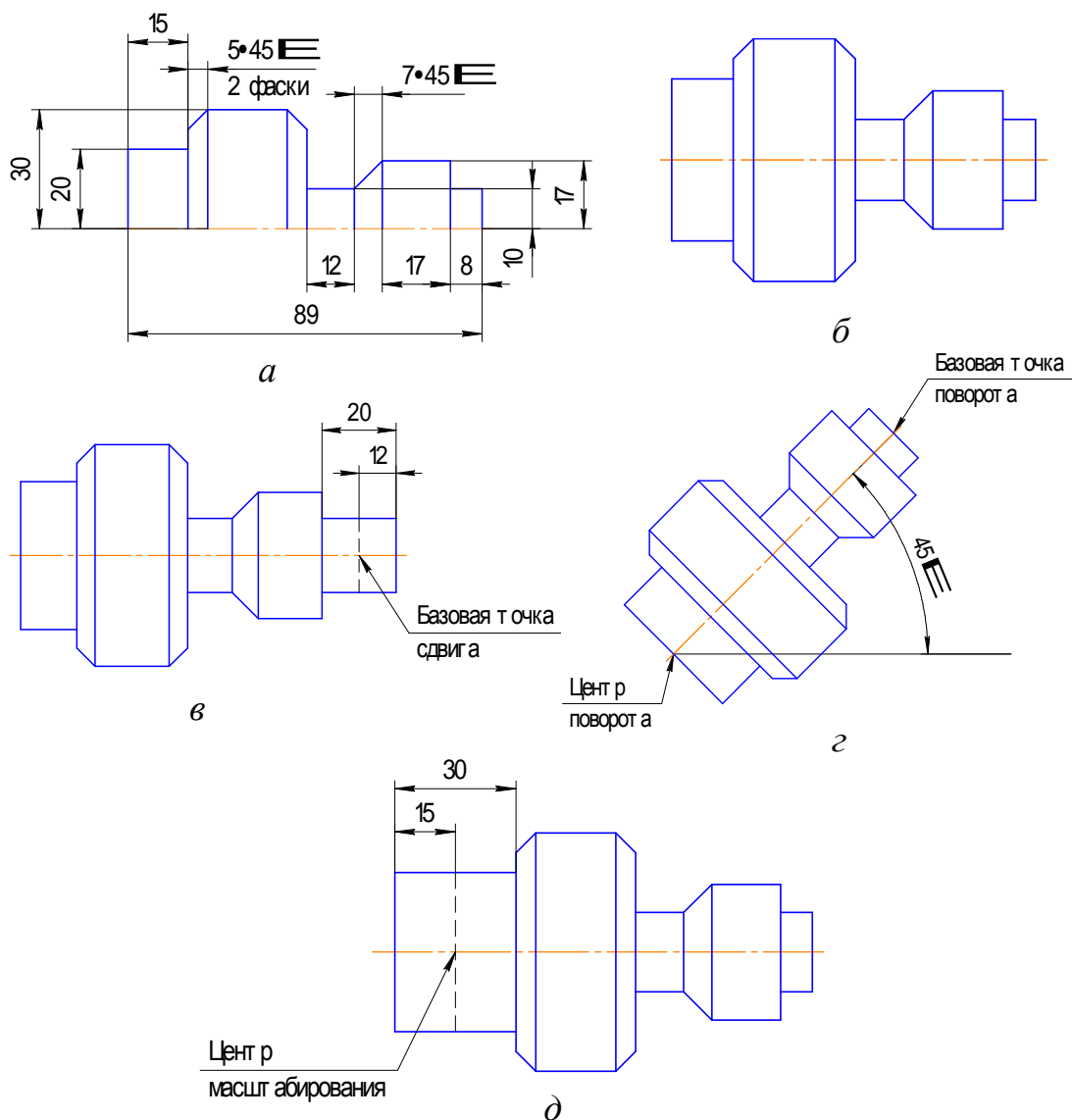


Рис. 33. Технический рисунок № 3: *а* – исходный объект; *б* – редактирование при помощи команды **Симметрия**; *в* – редактирование при помощи команды **Деформация сдвигом**; *г* – редактирование при помощи команды **Деформация поворотом**; *д* – редактирование при помощи команды **Деформация масштабированием**

- в) при помощи команды **Объединить в макроэлемент** из меню **Сервис** или *Контекстного меню* объедините в макроэлемент ранее выделенную геометрическую фигуру (см. рис. 33, *а*);
- г) скопируйте мышью или через *Буфер обмена* КОМПАС-ГРАФИК вышеначерченную фигуру (см. рис. 33, *а*) без размеров и поместите ее справа относительно оригинала (рис. 33, *б*);
- д) используя команду **Симметрия** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов Редактирование* вы-

- полните зеркальное отображение данной фигуры относительно ее оси симметрии с сохранением исходного объекта (см. рис. 33, б);
- е) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Симметрия» над отредактированной фигурой (см. рис. 33, б);
  - ж) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 33, б) и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 33, в);
  - з) при помощи команды **Деформация сдвигом** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов* **Редактирование** удлините крайнюю справа консоль вала на 12 мм в горизонтальном направлении (см. рис. 33, в).

**Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования за базовую точку сдвига необходимо принять точку пересечения оси симметрии с крайней правой консолью вала (см. рис. 33, в);

- и) используя команду **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Деформация сдвигом» над отредактированной фигурой (см. рис. 33, в);
- к) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 33, б) и поместите ее справа относительно отредактированной (см. рис. 33, в);
- л) при помощи команды **Деформация поворотом** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов* **Редактирование** поверните геометрическую фигуру (аналог рис. 33, б) целиком на угол  $45^\circ$  относительно горизонтали (рис. 33, г).

**Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования за центр поворота и базовую точку поворота можно принять крайние точки оси симметрии вала (см. рис. 33, г);

- м) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Деформация поворотом» над отредактированной фигурой (см. рис. 33, г);
- н) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 33, б) и поместите ее справа относительно отредактированной (см. рис. 33, г);
- о) используя команду **Деформация масштабированием** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов* **Редактирование** увеличьте в два раза длину крайней левой консоли вала (рис. 33, д).

**Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования за центр масштабирования необходимо принять точку пересечения оси симметрии с крайней левой консолью вала (см. рис. 33, д);

- п) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Деформация масштабированием» над отредактированной фигурой (см. рис. 33, д).
6. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и отредактируйте на листе чертежа набор геометрических элементов (рис. 34) в следующей последовательности:
- а) при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Геометрия** и **Размеры** постройте на листе чертежа в масштабе 1 : 1 геометрическую фигуру (рис. 34, а) и нанесите на ней соответствующие размеры;

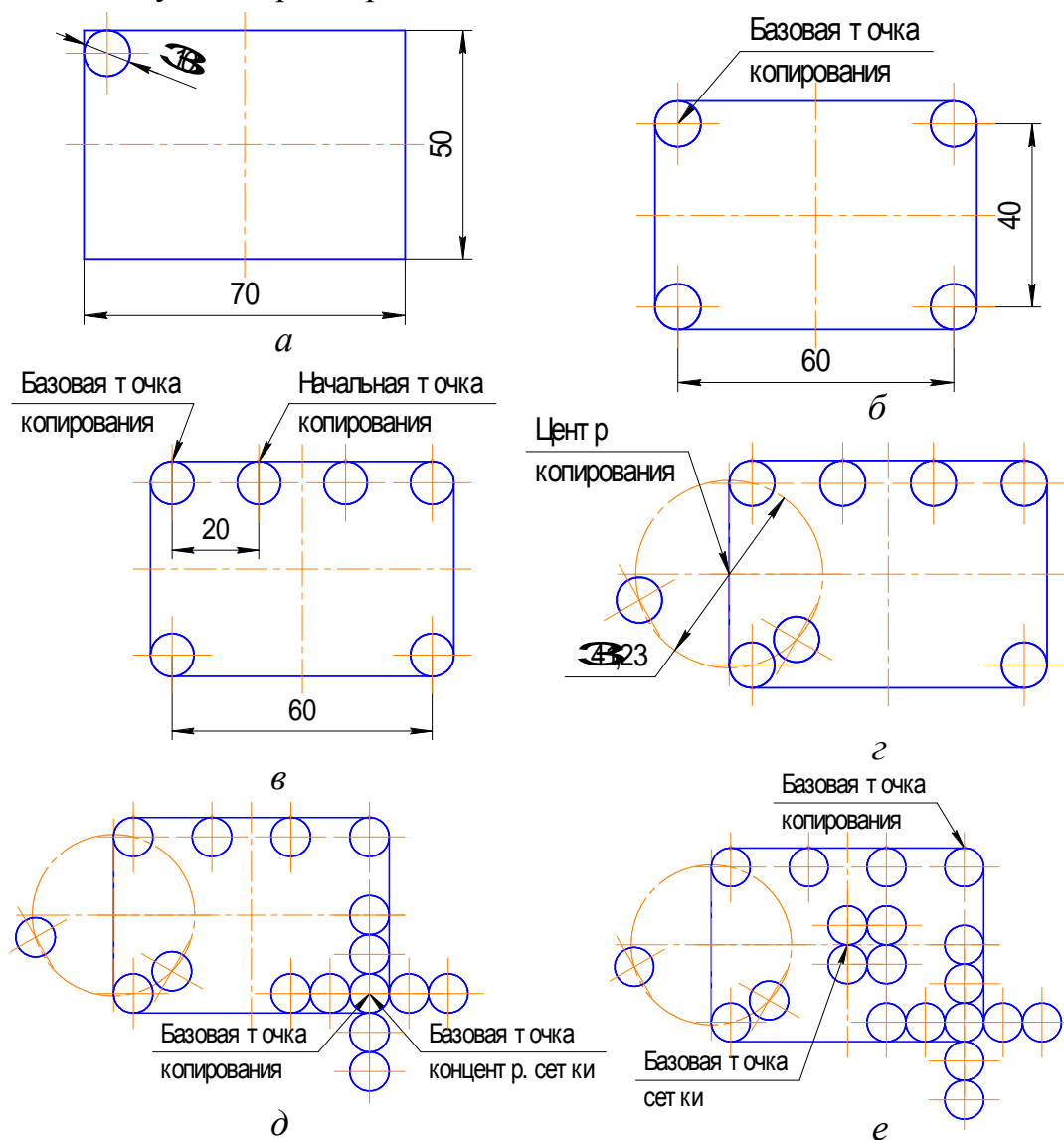


Рис. 34. Технический рисунок № 4: а – исходный объект; б – редактирование при помощи команд **Копирование**, **Усечь кривую...**; в – редактирование при помощи команды **Копия по кривой**; г – редактирование при помощи команды **Копия по окружности**; д – редактирование при помощи команды **Копия по концентрической сетке**; е – редактирование при помощи команды **Копия по сетке**

- б) скопируйте при помощи мыши или *Буфера обмена* КОМПАС-ГРАФИК вышеначерченную фигуру (см. рис. 34, а) без размеров и поместите ее справа относительно оригинала (рис. 34, б);
- в) используя команду **Объект** из меню **Выделить** или команду **Выделить объект** на *Панели инструментов* **Выделение**, выделите на геометрической фигуре (см. рис. 34, б) окружность диаметром 10 мм и ее оси симметрии;
- г) при помощи команды **Объединить в макроэлемент** из меню **Сервис** или *Контекстного меню* объедините в макроэлемент ранее выделенную окружность диаметром 10 мм и ее оси симметрии (см. рис. 34, б);
- д) используя команду **Копия указанием** из меню **Редактор** или команду **Копирование** на *Панели инструментов* **Редактирование** скопируйте окружность диаметром 10 мм и ее оси симметрии:  
1) вдоль оси X на 60 мм, а вдоль оси Y на 0 мм; 2) вдоль оси X на 0 мм, а вдоль оси Y на 40 мм; 3) вдоль оси X на 60 мм, а вдоль оси Y на 40 мм (см. рис. 34, б).

**Примечание.** В процессе выполнения данной команды редактирования угол поворота копируемого элемента необходимо задать равным  $0^\circ$ , а коэффициент масштабирования – 1. За базовую точку копирования необходимо принять точку пересечения осей симметрии круга (см. рис. 34, б);

- е) при помощи команды **Разрушить** из *Контекстного меню* разрушьте на отдельные элементы прямоугольник (см. рис. 34, б);
- ж) используя команду **Удалить часть кривой** из меню **Редактор** или команду **Усечь кривую** на *Панели инструментов* **Редактирование**, обрежьте острые углы прямоугольника (см. рис. 34, б);
- з) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Копирование» над отредактированной фигурой (см. рис. 34, б);
- и) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 34, б) без размеров и выносных надписей и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 34, в);
- к) при помощи команды **Копия по кривой** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов* **Редактирование** выполните копирование левой верхней окружности диаметром 10 мм (см. рис. 34, в) вдоль горизонтальной направляющей прямоугольника в количестве двух штук с шагом между копиями вдоль кривой 20 мм (см. рис. 34, в).

**Примечание.** В процессе использования данной команды редактирования копии окружности доворачивать до нормали не следует, а



копирование необходимо проводить в положительном направлении. За базовую точку копирования необходимо принять точку касания окружности с горизонтальной направляющей прямоугольника (см. рис. 34, в). Начальную точку копирования следует расположить вдоль вышеупомянутой кривой (предварительно разбив ее на три равные части при помощи команды **Точки на кривой** на *Панели инструментов Геометрия*) на расстоянии 20 мм от базовой точки копирования (см. рис. 34, в);

л) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения* выполните надпись «Копия по кривой» над отредактированной фигурой (см. рис. 34, в);

м) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 34, в) без размеров и выносных надписей и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 34, з);

н) при помощи команды **Копия по окружности** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов Редактирование* выполните копирование левой верхней окружности диаметром 10 мм вдоль воображаемой окружности диаметром 41,23 мм (см. рис. 34, з).

**Примечание.** В процессе использования данной команды редактирования копирование окружности диаметром 10 мм необходимо произвести равномерно вдоль воображаемой окружности диаметром 41,23 мм в количестве трех штук. За центр копирования необходимо принять точку пересечения горизонтальной оси симметрии прямоугольника с его левой вертикальной стороной (см. рис. 34, з);

о) используя команду **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения*, выполните надпись «Копия по окружности» над отредактированной фигурой (см. рис. 34, з);

п) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 34, з) без размеров и выносных надписей и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 34, д);

р) при помощи команды **Копия по концентрической сетке** из меню **Редактор** или одноименной команды на *Панели инструментов Редактирование* выполните копирование нижней правой окружности диаметром 10 мм по концентрической сетке со следующими параметрами: 1) начальный радиус сетки в радиальном направлении – 10 мм; 2) шаг копирования в радиальном направлении – 10 мм; 3) количество копий в радиальном направлении – 2; 4) начальный угол – 0°; 5) шаг копирования в кольцевом направлении – 90°; 6) количество копий в кольцевом направлении – 4 (см. рис. 34, д).

**Примечание.** В процессе использования данной команды редактирования за базовую точку копирования и базовую точку концентрической сетки необходимо принять точку пересечения осей симметрии копируемой окружности (см. рис. 34, д);

- с) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Копия по концентрической сетке» над отредактированной фигурой (см. рис. 34, д);
- т) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 34, д) без выносных надписей и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 34, е);
- у) используя команду **Копия по сетке** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов* **Редактирование**, выполните копирование верхней правой окружности диаметром 10 мм по сетке со следующими параметрами: 1) угол наклона к горизонтали первой оси сетки –  $0^\circ$ ; 2) шаг копирования вдоль первой оси сетки – 10 мм; 3) количество копий вдоль первой оси сетки – 2; 4) угол раствора между первой и второй осями сетки –  $90^\circ$ ; 5) шаг копирования вдоль второй оси сетки – 10 мм; 6) количество копий вдоль второй оси сетки – 2 (см. рис. 34, е).

**Примечание.** В процессе использования данной команды редактирования за базовую точку копирования необходимо принять точку касания окружности с горизонтальной направляющей прямоугольника (см. рис. 34, е). А за базовую точку сетки необходимо принять точку пересечения осей симметрии прямоугольника (см. рис. 34, е);

- ф) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов* **Обозначения** выполните надпись «Копия по сетке» над отредактированной фигурой (см. рис. 34, е).

7. Используя инженерно-графические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и отредактируйте на листе чертежа набор геометрических элементов (рис. 35) в следующей последовательности:
  - а) при помощи соответствующих команд *Панели инструментов* **Геометрия** и **Размеры** постройте на листе чертежа в масштабе 1 : 1 геометрическую фигуру (рис. 35, а) и нанесите на ней соответствующие размеры;
  - б) скопируйте при помощи мыши или *Буфера обмена* КОМПАС-ГРАФИК выше начерченную фигуру (см. рис. 35, а) без размеров и поместите ее справа относительно оригинала (рис. 35, б);
  - в) используя команду **Выровнять по границе** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов* **Редактирование** удлините вертикальные прямые геометрической фигуры до горизонтальной оси симметрии (см. рис. 35, б).

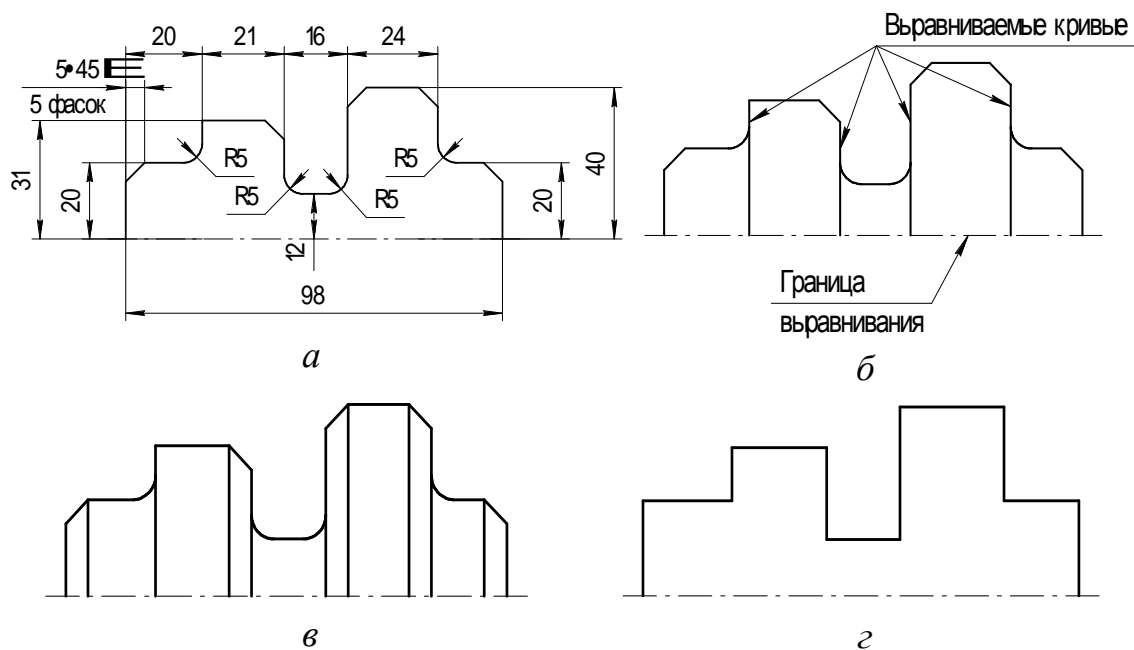


Рис. 35. Технический рисунок № 5: *а* – исходный объект; *б* – редактирование при помощи команды **Выровнять по границе**; *в* – редактирование при помощи соответствующих команд *Панели инструментов Геометрия*; *г* – редактирование при помощи команд **Усечь кривую двумя точками** и **Удалить фаску/скругление**

**Примечание.** В процессе использования данной команды редактирования в качестве границы выравнивания необходимо выбрать ось симметрии фигуры, а в качестве выравниваемых кривых – все вертикальные отрезки фигуры (см. рис. 35, *б*);

г) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения* выполните надпись «Выровнять по границе» над отредактированной фигурой (см. рис. 35, *б*);

д) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 35, *б*) без выносных надписей и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 35, *в*);

е) используя соответствующие команды на *Панели инструментов Геометрия*, постройте вертикальные прямые линии для всех фасок геометрической фигуры (см. рис. 35, *в*);

ж) скопируйте любым известным Вам способом геометрическую фигуру (см. рис. 35, *в*) и поместите ее справа относительно отредактированной (рис. 35, *г*);

з) При помощи команды **Удалить часть кривой между двумя точками** из меню **Редактор** или команды **Усечь кривую двумя точками** на *Панели инструментов Редактирование* удалите на геометрической фигуре (на копии рис. 35, *в*) все вертикальные прямые, примыкающие к фаскам и скруглениям, получив в итоге фигуру, идентичную той, что была представлена ранее на рис. 35, *а*;

- и) используя команду **Удалить фаску/скругление** из меню **Редактор** или одноименную команду на *Панели инструментов Редактирование* удалите на геометрической фигуре (на копии рис. 35, а) все фаски и скругления (см. рис. 35, з);
- к) при помощи команды **Ввод текста** на *Панели инструментов Обозначения* выполните надпись «Усечь кривую двумя точками. Удалить фаску/скругление» над отредактированной фигурой (см. рис. 35, з).

### **Содержание отчета**

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант технических рисунков № 1–5, выполненных на листе чертежа формата А2 по аналогии с рис. 31–35. Преподавателем оценивается объем выполнения лабораторной работы, а также правильность построения и редактирования технических рисунков № 1–5.

## Лабораторная работа № 6

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНОЙ И КОНСТРУКТОРСКОЙ БИБЛИОТЕК ФРАГМЕНТОВ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВИДОВ И СЛОЕВ, А ТАКЖЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПАС-ГРАФИК ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. РАСЧЕТ МЦХ ПЛОСКОЙ ФИГУРЫ

*Цель работы:* закрепить основные приемы работы с прикладной и конструкторской библиотеками фрагментов, вспомогательными видами и слоями, параметрическими объектами при создании рабочих чертежей деталей машин в системе КОМПАС-ГРАФИК. Закрепить основные приемы расчета массо-центровочных характеристик плоских фигур в КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

1. При помощи прикладной и конструкторской библиотек фрагментов постройте и отредактируйте в системе КОМПАС-ГРАФИК рабочий чертеж детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 36–50.
2. Используя расчетно-измерительные возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, выполните расчет массо-центровочных характеристик (МЦХ) predetermined объекта рабочего чертежа (рис. 36–50).
3. Используя параметрические возможности системы КОМПАС-ГРАФИК, выполните параметризацию predetermined объекта рабочего чертежа (рис. 36–50).
4. При помощи менеджера библиотек КОМПАС-ГРАФИК создайте новую библиотеку фрагментов.

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3 или А4.
3. При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы запустите в КОМПАС-ГРАФИК из папок **Машиностроение** и **Прочие** конструкторскую и прикладную библиотеки фрагментов соответственно.
4. Используя прикладную и конструкторскую библиотеки фрагментов, создайте на новом листе чертежа в стандартном масштабе геометрии

ческий контур рабочего чертежа детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 36–50:

- а) при создании рабочих чертежей деталей машин типа «Гайка», «Штуцер», «Проходник» или «Тройник» (рис. 36–45) можно воспользоваться разделом **Трубопроводы** из конструкторской библиотеки фрагментов. Типоразмеры вышеперечисленных фрагментов деталей следует выбирать из конструкторской библиотеки КОПМАС по численному значению условного проходного диаметра, представленному в технических требованиях к каждому чертежу (см. рис. 36–45);
- б) создавая рабочие чертежи деталей машин типа «Вал» (рис. 46–50), можно воспользоваться разделом **Тела вращения – Вал** из конструкторской библиотеки фрагментов;
- в) при построении на рабочем чертеже детали машин проточек или канавок из конструкторской библиотеки фрагментов можно воспользоваться разделом **Конструктивные элементы – Проточки** или **Конструктивные элементы – Канавки для выхода шлифовального круга** соответственно;
- г) при создании на рабочем чертеже детали машин шпонок из конструкторской библиотеки фрагментов можно воспользоваться разделом **Шпонки**, а из прикладной библиотеки КОМПАС – разделом **Геометрические фигуры**;
- д) при построении на рабочем чертеже детали машин гладких или центровых отверстий из конструкторской библиотеки фрагментов можно воспользоваться разделом **Конструктивные элементы – Центровые отверстия**, а из прикладной библиотеки КОМПАС – разделом **Гладкие отверстия**.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы:

- а) номер варианта рабочего чертежа (см. рис. 36–50) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя;
- б) построение рабочего чертежа детали машин необходимо сопровождать созданием дополнительных видов и слоев (команды **Вид** или **Слой** из меню **Вставка**). Основные виды детали (главный вид, вид слева и сечения), выполненные в масштабе 1 : 1, необходимо вычертить в системном виде № 0. Все выносные элементы чертежа (проточки и канавки), выполненные в масштабе, отличном от масштаба 1 : 1, необходимо вычертить в дополнительных видах № 1, № 2 и т. д. Контурные основные виды детали или выносных элементов необходимо выполнить в системном слое № 0, штриховку – в дополнительном слое № 1, размеры – в слое № 2, обозначение сечений и выносных элементов – в слое № 3.

5. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Размеры, Обозначения** нанесите на, ранее построенном рабочем чертеже детали машин размеры и технологические обозначения в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 36–50.
6. Используя команды **Неуказанная шероховатость, Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка**, нанесите на ранее построенном рабочем чертеже значок неуказанной шероховатости, введите технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа (см. рис. 36–50).
7. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Измерения (2D)**, выполните расчет МЦХ predetermined объекта рабочего чертежа (см. рис. 36–50) в соответствии с заданием, представленным в табл. 3. Результаты расчета МЦХ predetermined объекта необходимо оформить в виде технической характеристики рабочего чертежа.

**Таблица 3. Расчет МЦХ predetermined объекта рабочего чертежа детали машин**

№ варианта	Объект расчета	Расчетное задание
1	2	3
1–4	Главный вид чертежа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определите длину всех горизонтальных, вертикальных и наклонных отрезков вида</li> <li>• Найдите длину всех дуг вида</li> <li>• Определите площадь заштрихованной части главного вида</li> <li>• Выполните расчет МЦХ главного вида</li> </ul>
5–7	Вид слева чертежа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определите длину всех вертикальных и наклонных отрезков вида</li> <li>• Вычислите длину всех окружностей вида</li> <li>• Определите площадь шестигранника вида</li> <li>• Выполните расчет МЦХ вида слева</li> </ul>
8–10	Главный вид чертежа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определите длину всех горизонтальных, вертикальных и наклонных отрезков вида</li> </ul>

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Найдите длину всех дуг вида</li> <li>• Определите площадь заштрихованной части главного вида</li> <li>• Выполните расчет МЦХ главного вида</li> </ul>
11–15	Сечение вала по шпоночному пазу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определите длину всех горизонтальных, вертикальных и наклонных отрезков сечения</li> <li>• Вычислите длину всех дуг или окружностей сечения</li> <li>• Определите площадь заштрихованной части сечения</li> <li>• Выполните расчет МЦХ сечения вала</li> </ul>

8. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Параметризация*, выполните параметризацию predeterminedного объекта рабочего чертежа (рис. 36–50) в соответствии с заданием, представленным в табл. 4.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы необходимо наложить или зафиксировать все возможные параметрические связи между геометрическими элементами predeterminedного объекта рабочего чертежа (см. табл. 4). При этом все параметрические связи (параллельность, перпендикулярность, совпадение точек и т. д.) необходимо фиксировать как между основными линиями контура predeterminedного объекта чертежа, так и между тонкими, осевыми и штриховыми линиями данного объекта.

Таблица 4. **Параметризация predeterminedного объекта рабочего чертежа детали машин**

№ варианта	Объект параметризации	Последовательность действий при параметризации
1	2	3
1–3, 8, 9	Вид слева чертежа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зафиксируйте следующие параметрические связи между геометрическими элементами вида слева: <ul style="list-style-type: none"> <li>а) горизонтальность и вертикальность;</li> <li>б) параллельность и перпендикулярность;</li> </ul> </li> </ul>



1	2	3
		в) объединить точки; г) касание и равенство длин <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зафиксируйте численные значения всех размеров на виде слева</li> <li>• Присвойте различные имена переменных всем размерам на виде слева и сделайте эти переменные внешними</li> </ul>
4–7, 10	Главный вид чертежа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зафиксируйте следующие параметрические связи между геометрическими элементами главного вида:                а) горизонтальность и вертикальность;                б) параллельность и перпендикулярность;                в) объединить точки и равенство длин</li> <li>• Зафиксируйте численные значения всех габаритных размеров на главном виде</li> <li>• Присвойте различные имена переменных всем габаритным размерам на главном виде и сделайте эти переменные внешними</li> </ul>
11–15	Сечение вала по шпоночному пазу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Зафиксируйте следующие параметрические связи между геометрическими элементами сечения вала:                а) горизонтальность и вертикальность;                б) параллельность и перпендикулярность;                в) объединить точки и равенство длин</li> <li>• Зафиксируйте численные значения всех размеров сечения вала</li> <li>• Присвойте различные имена переменных всем размерам сечения вала и сделайте эти переменные внешними</li> </ul>

9. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Выделение**, выделите целиком в соответствии со своим вариантом предопределенный параметрический объект рабочего чертежа (см. рис. 36–50).
10. Используя команду **Копировать** из меню **Редактор** или одноименную пиктограмму на *Стандартной панели* системы скопируйте ра-

нее выделенный параметрический объект чертежа в буфер обмена КОМПАС-ГРАФИК.

11. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый фрагмент чертежа.
12. Используя команду **Вставить** из меню **Редактор** или одноименную пиктограмму на *Стандартной панели* системы, вставьте ранее скопированный параметрический объект чертежа в новый фрагмент.
13. При помощи команды **Сохранить как** из меню **Файл** сохраните фрагмент чертежа на жестком диске ПЭВМ по адресу: C:\Program files\Ascon\Kompas-3D V7\Лаб. работы\Лаб. раб. № 6\Иванов.frw.
14. При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы откройте в КОМПАС-ГРАФИК диалоговое окно с полным перечнем библиотек, установленных на Вашем ПЭВМ.
15. Используя команду **Создать раздел** из **Контекстного меню** создайте в диалоговом окне **Менеджера библиотек** новый раздел под названием «Моя библиотека».
16. Щелчком мыши откройте папку нового раздела **Менеджера библиотек** «Моя библиотека».
17. При помощи команды **Добавить описание – Библиотеки документов** из **Контекстного меню** создайте в новом разделе **Менеджера библиотек** «Моя библиотека» новую библиотеку фрагментов под названием «Фрагменты».
18. Используя команду **Добавить фрагмент в библиотеку...** из **Контекстного меню**, добавьте в новую библиотеку «Фрагменты» свой фрагмент чертежа, ранее сохраненный на жестком диске ПЭВМ.
19. При помощи команды **Вставить фрагмент в документ** из **Контекстного меню** вставьте из библиотеки «Фрагменты» в ранее выполненный рабочий чертеж детали машин параметрический фрагмент предопределенного объекта.

**Примечание.** При выполнении вставки параметрического фрагмента в рабочий чертеж необходимо уменьшить численные значения габаритных размеров фрагмента на 5–10 мм.

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант рабочего чертежа детали машин, выполненного в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 36–50. Кроме этого, на рабочем чертеже должна также присутствовать техническая характеристика детали и параметрический фрагмент предопределенного объекта чертежа. Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения рабочего чертежа детали машин.

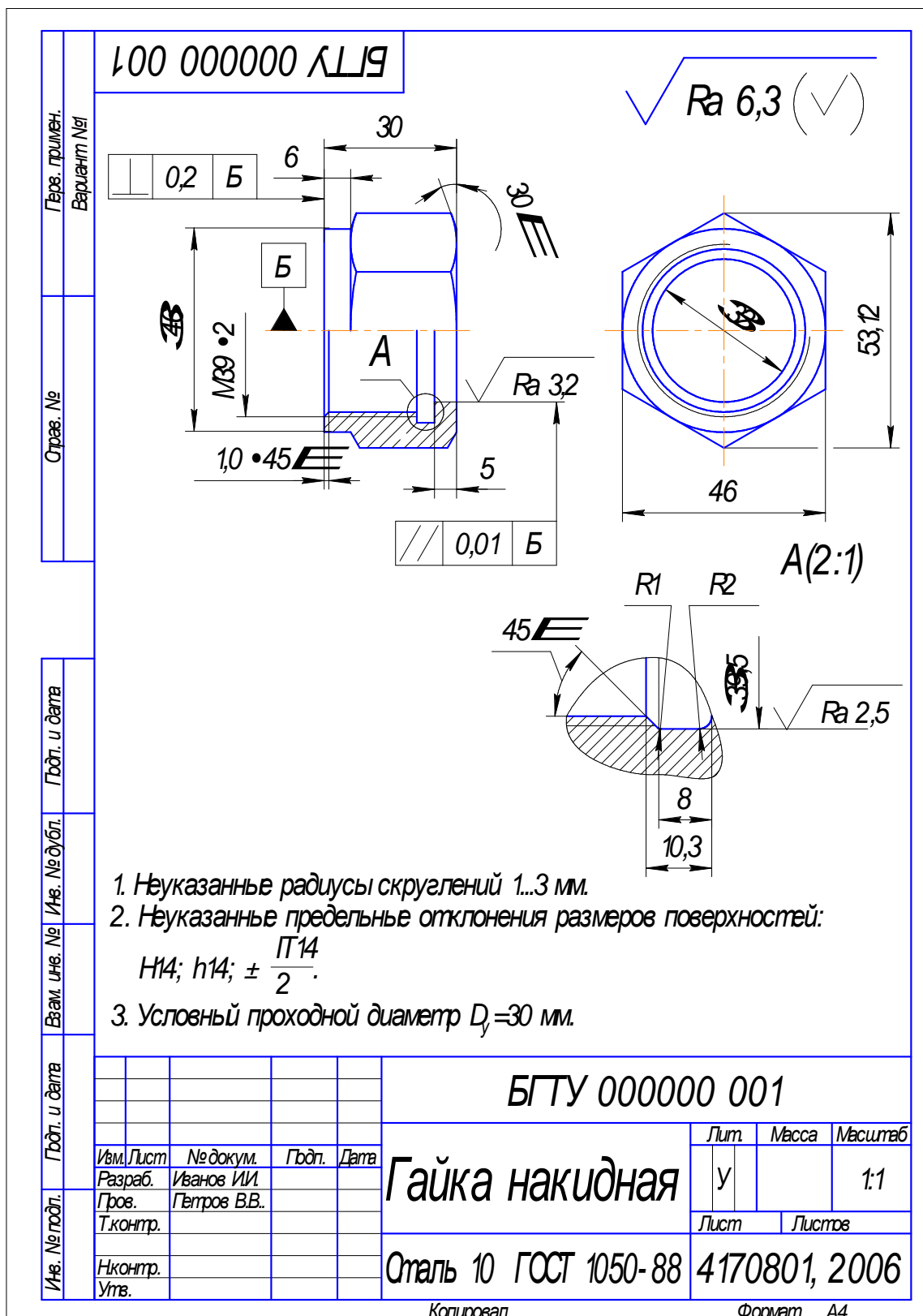


Рис. 36. Рабочий чертеж накладной гайки

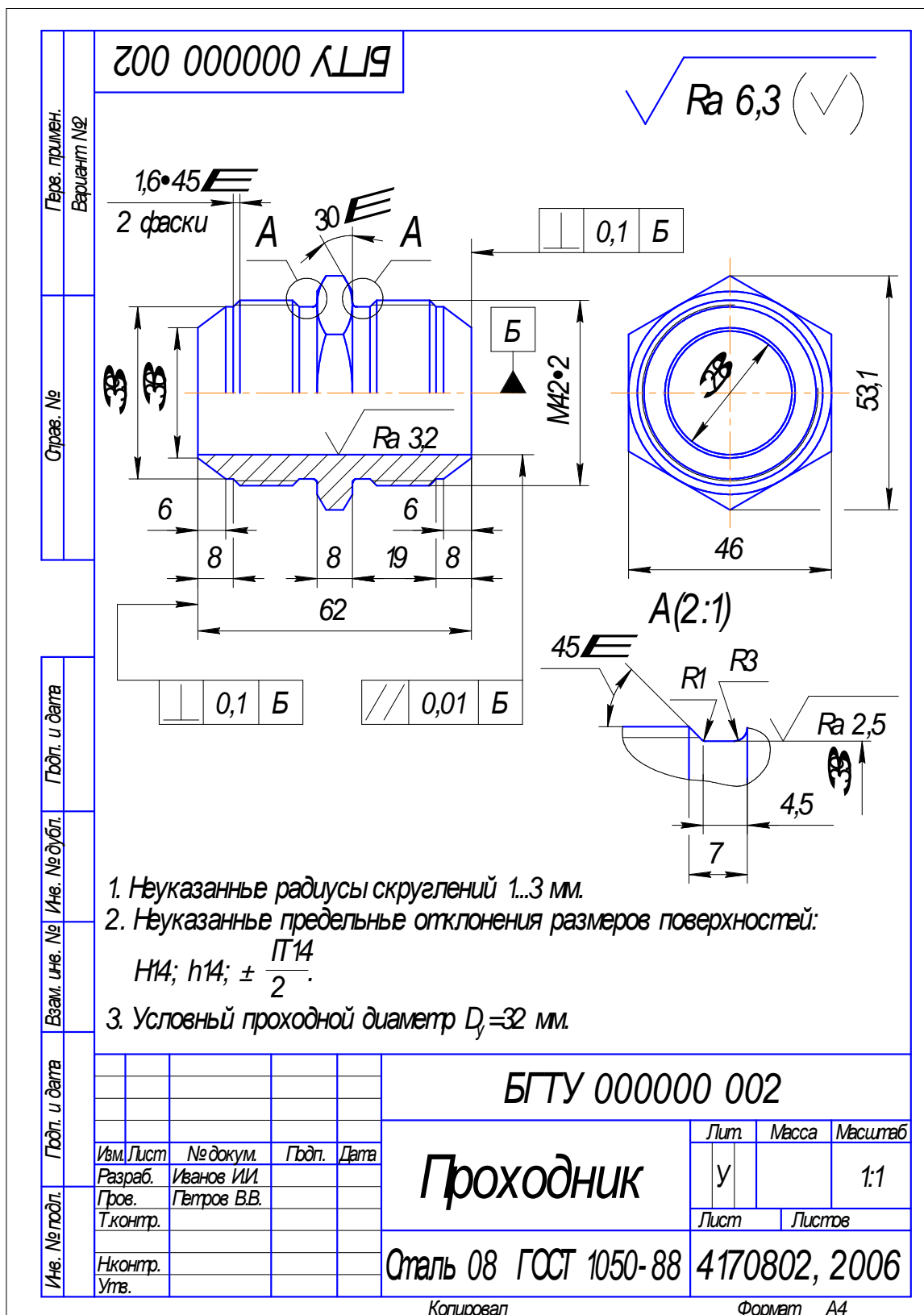


Рис. 37. Рабочий чертеж проходника

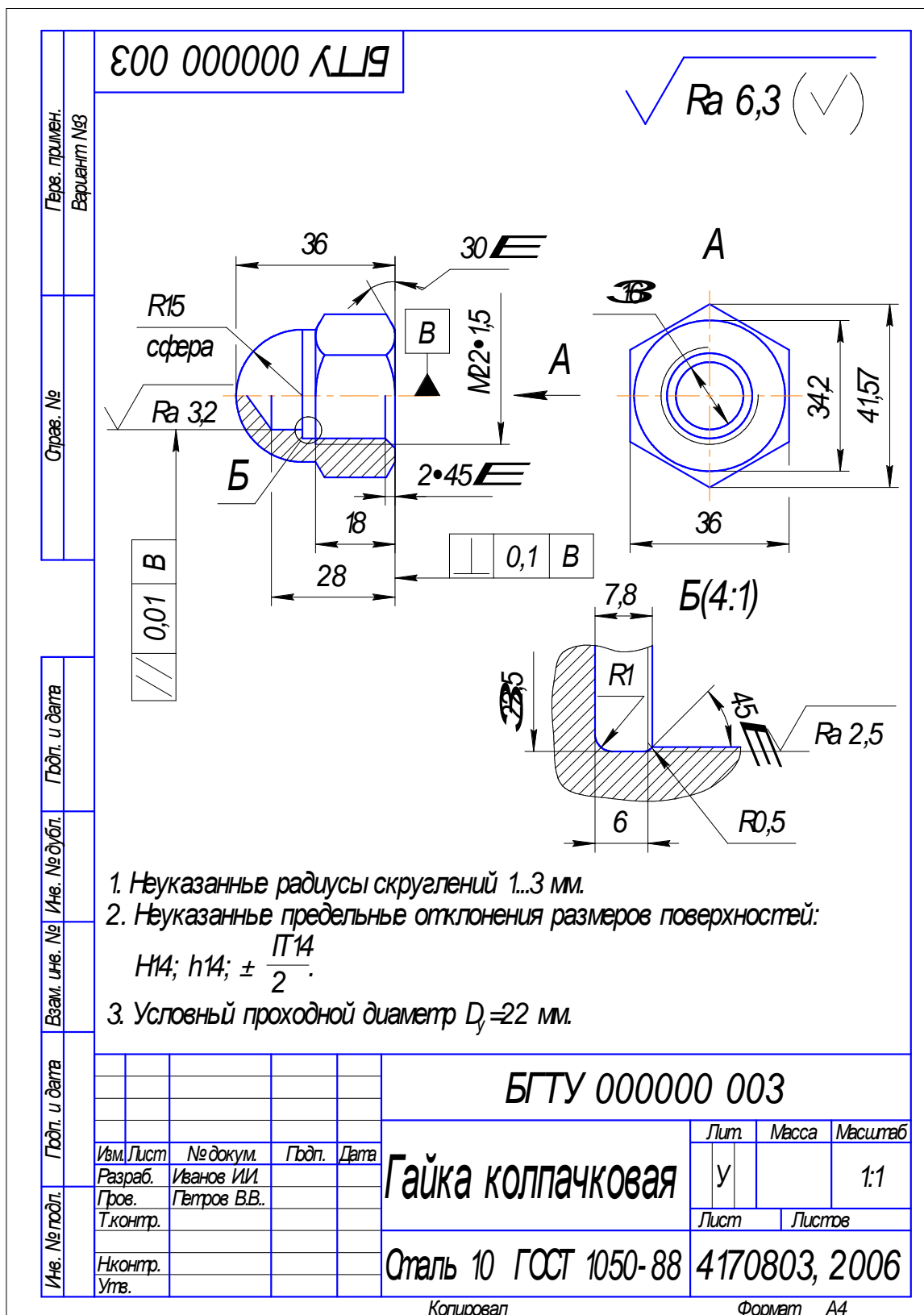


Рис. 38. Рабочий чертеж колпачковой гайки

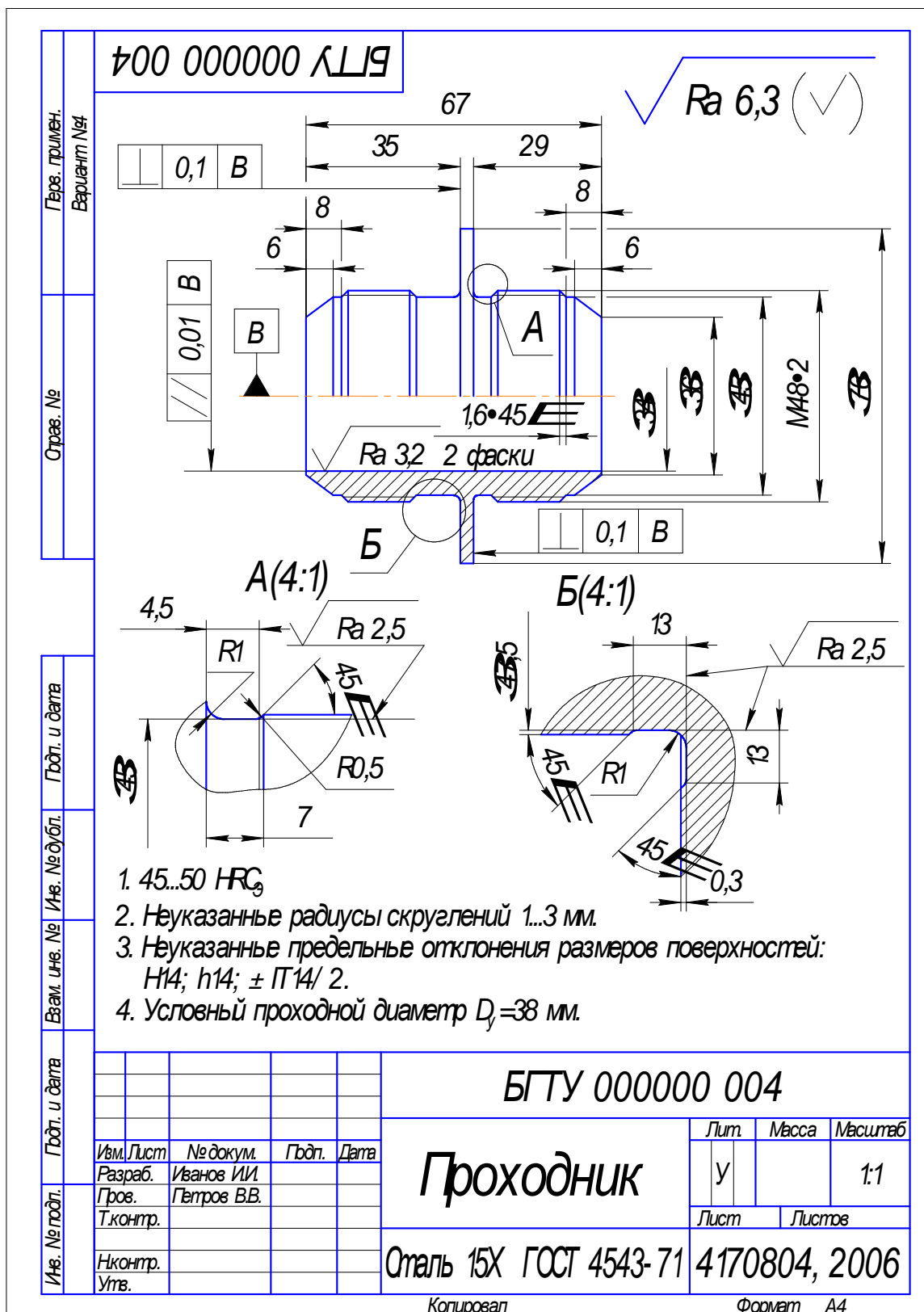


Рис. 39. Рабочий чертеж проходника



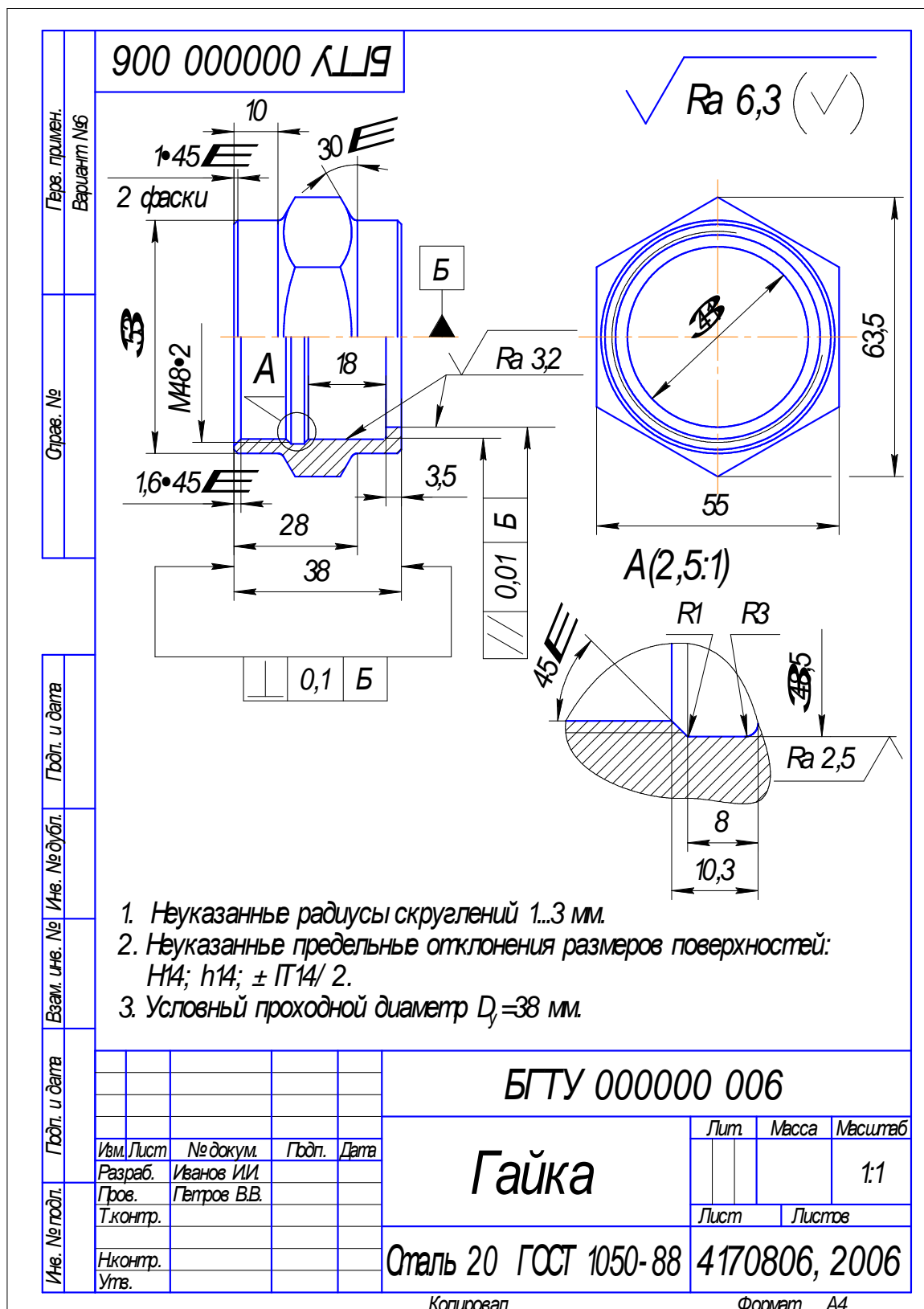


Рис. 41. Рабочий чертеж гайки



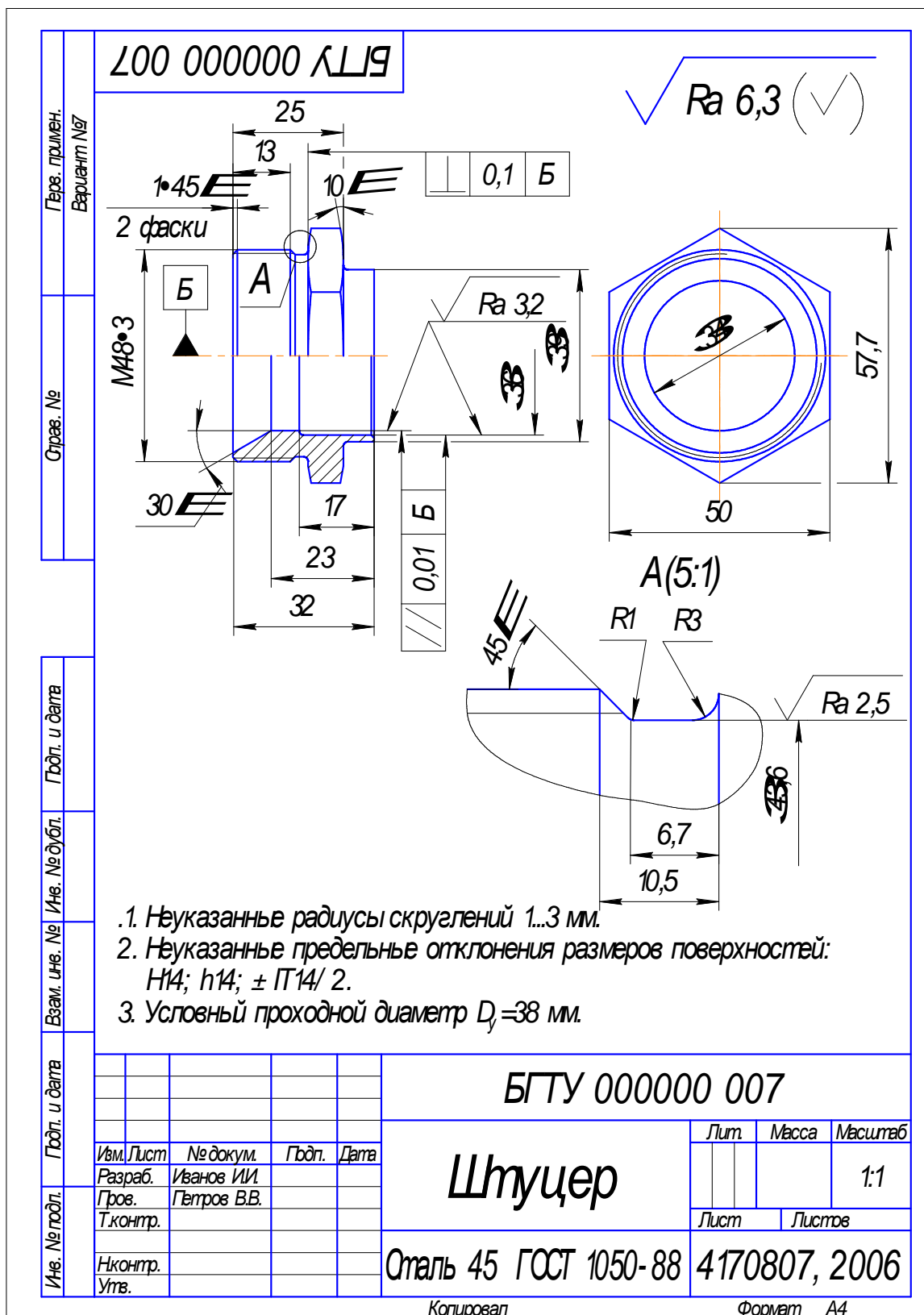


Рис. 42. Рабочий чертеж штуцера

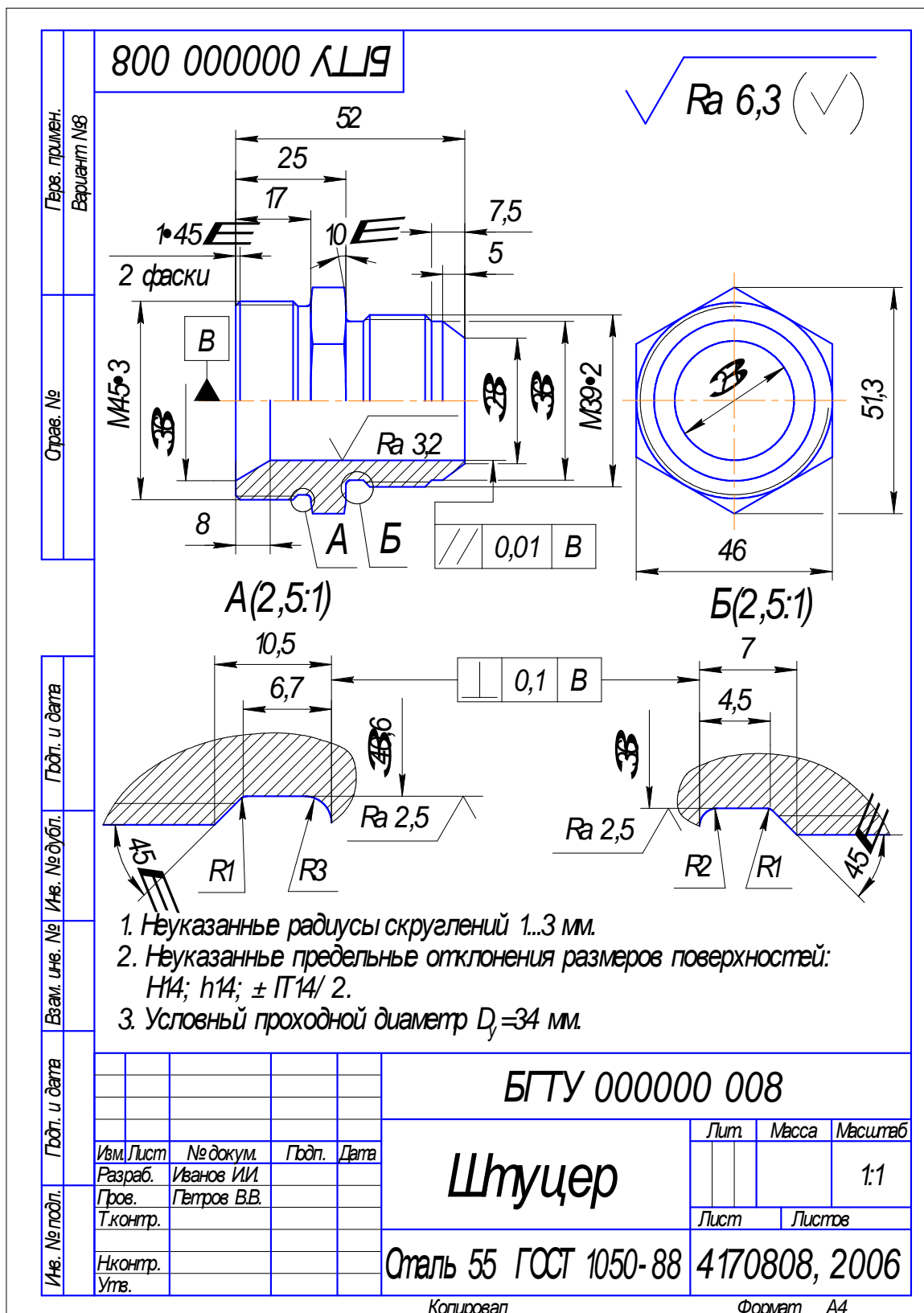


Рис. 43. Рабочий чертеж штангера

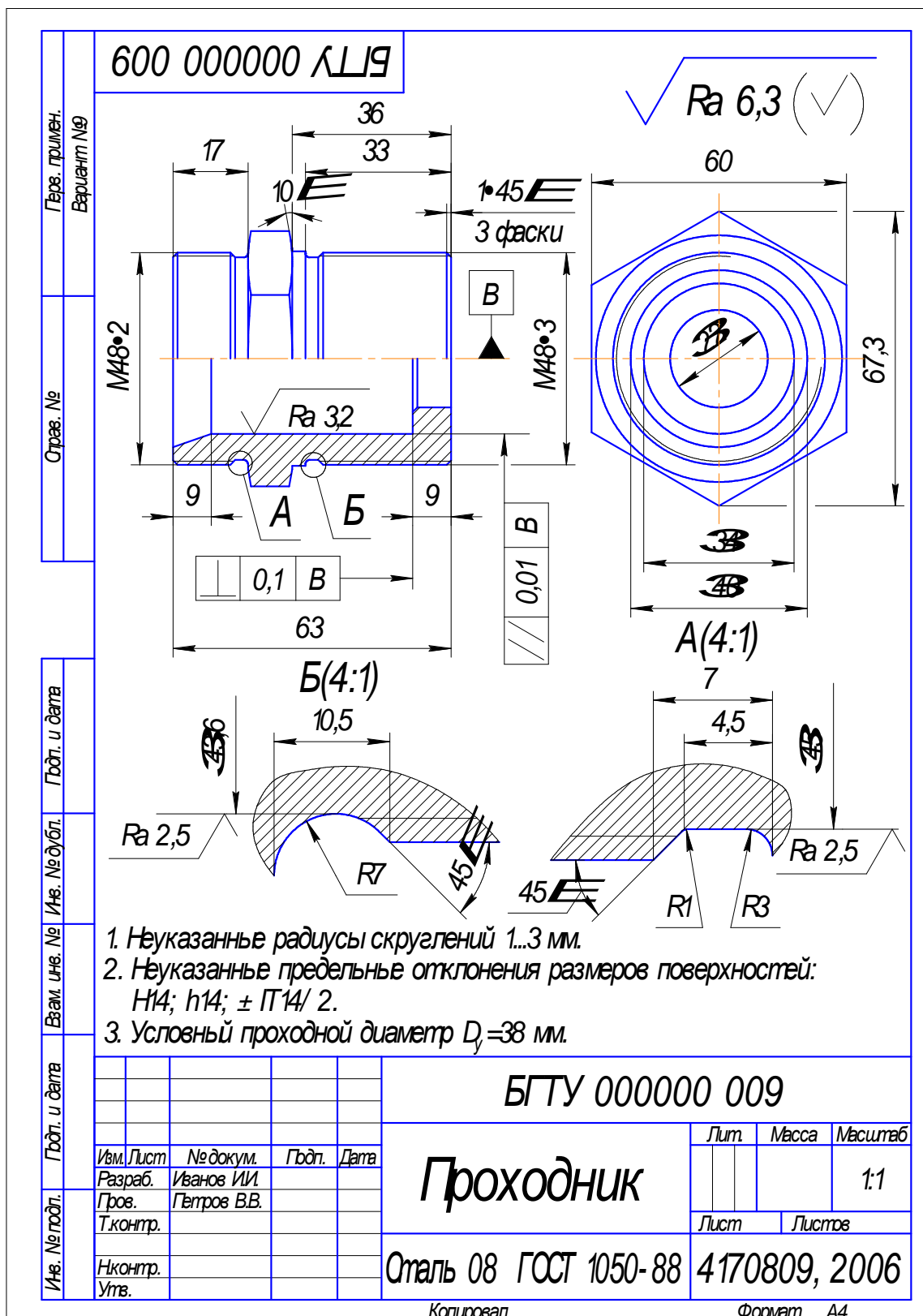


Рис. 44. Рабочий чертеж проходника

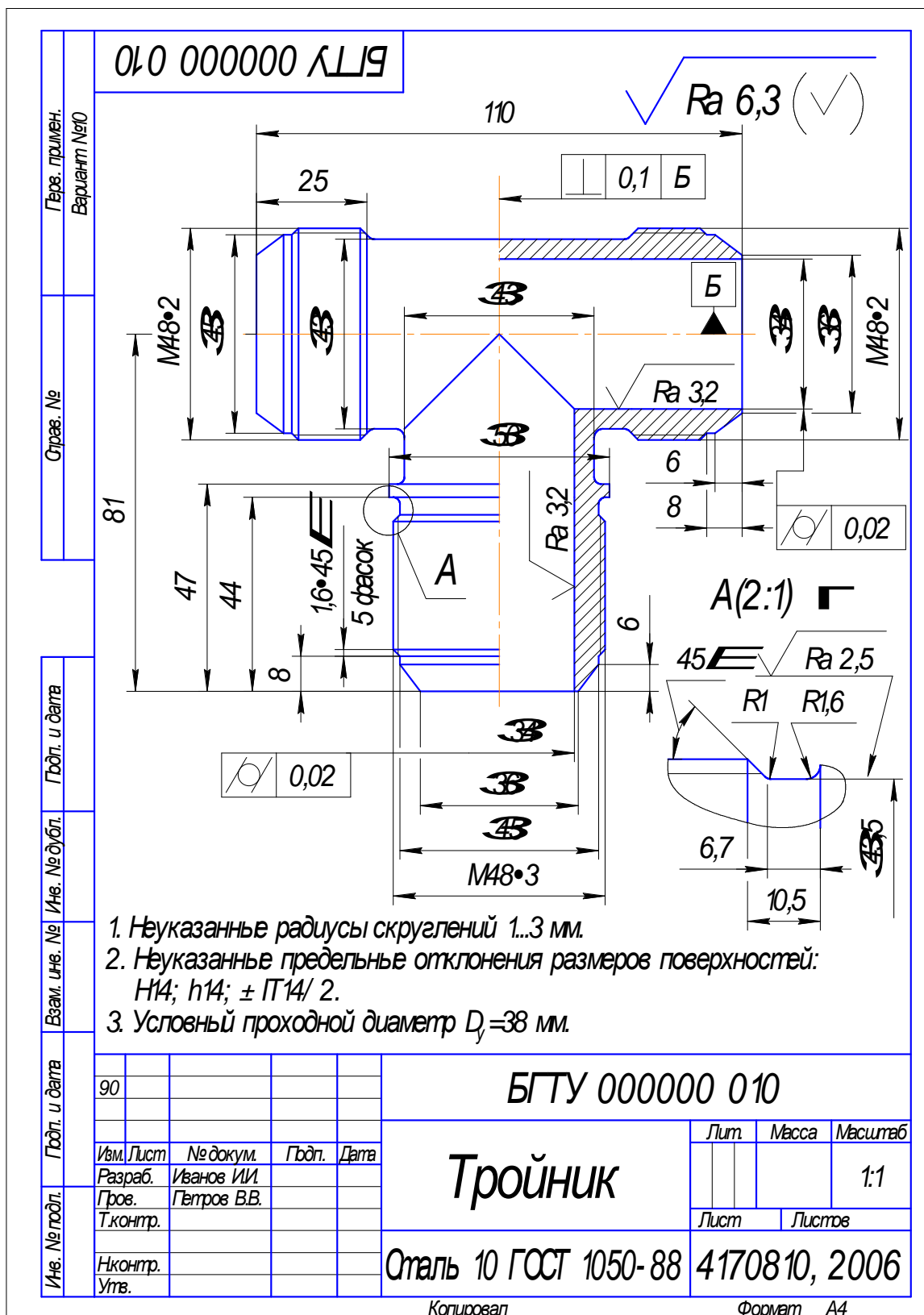


Рис. 45. Рабочий чертеж тройника

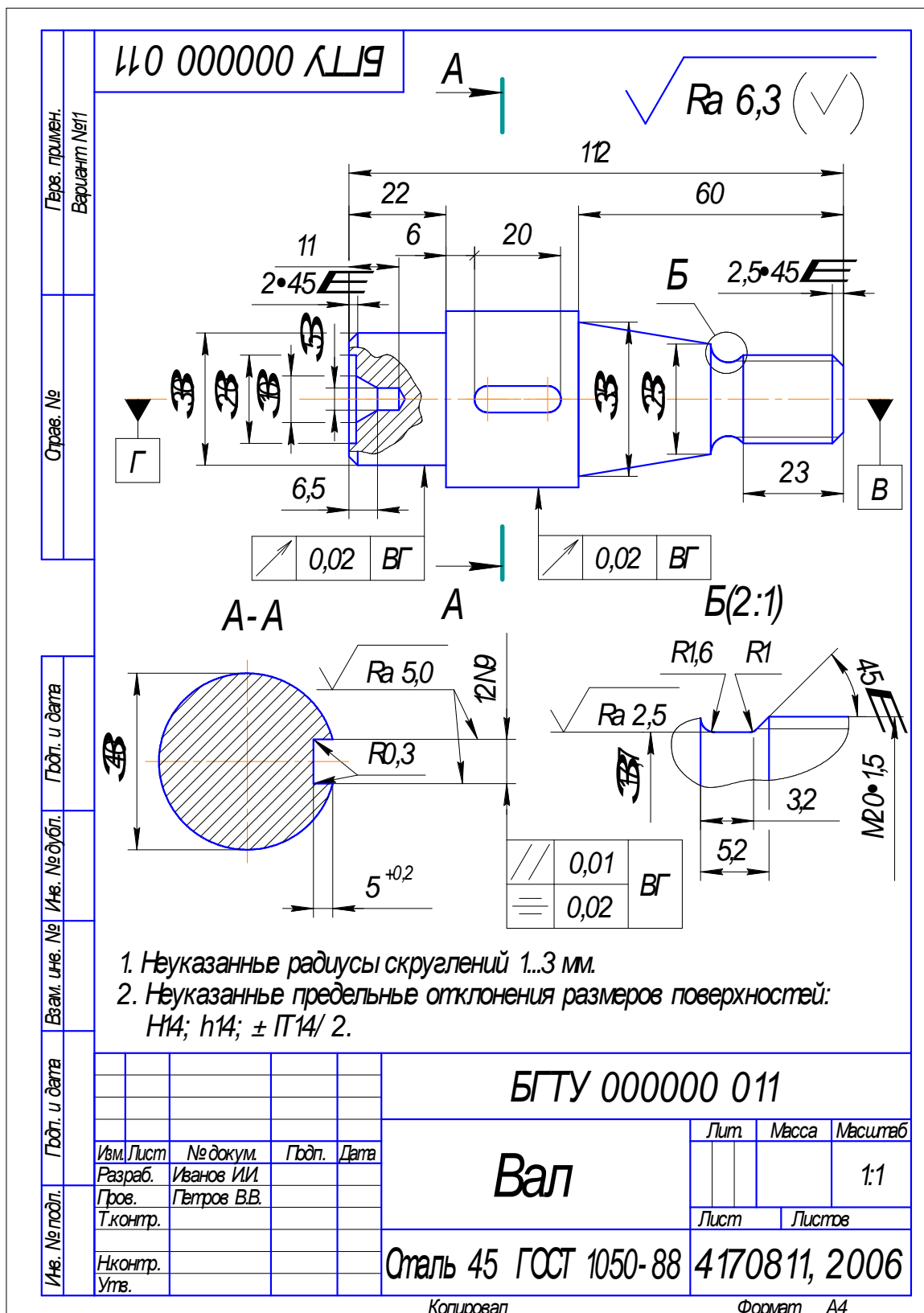


Рис. 46. Рабочий чертеж вала

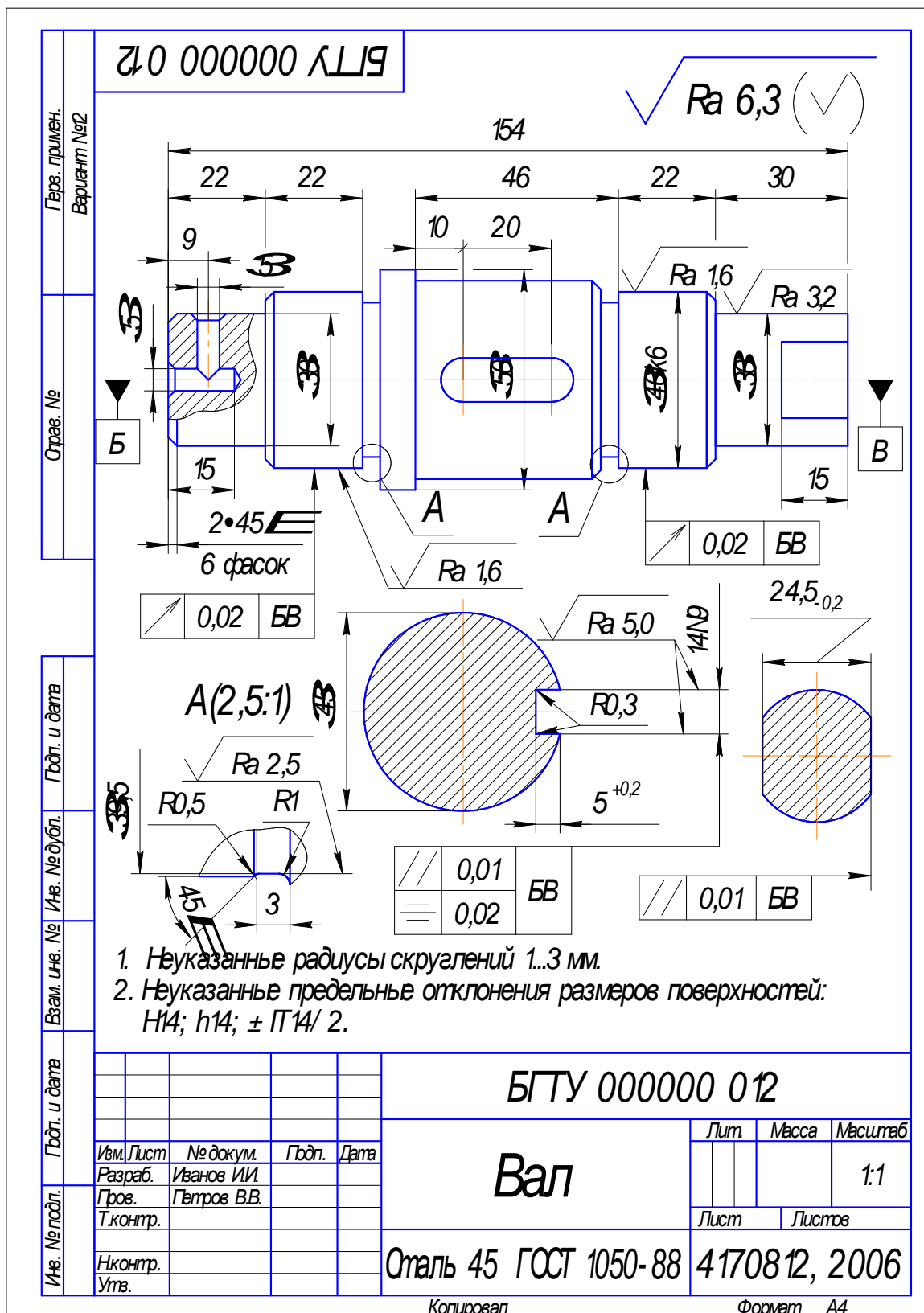


Рис. 47. Рабочий чертеж вала



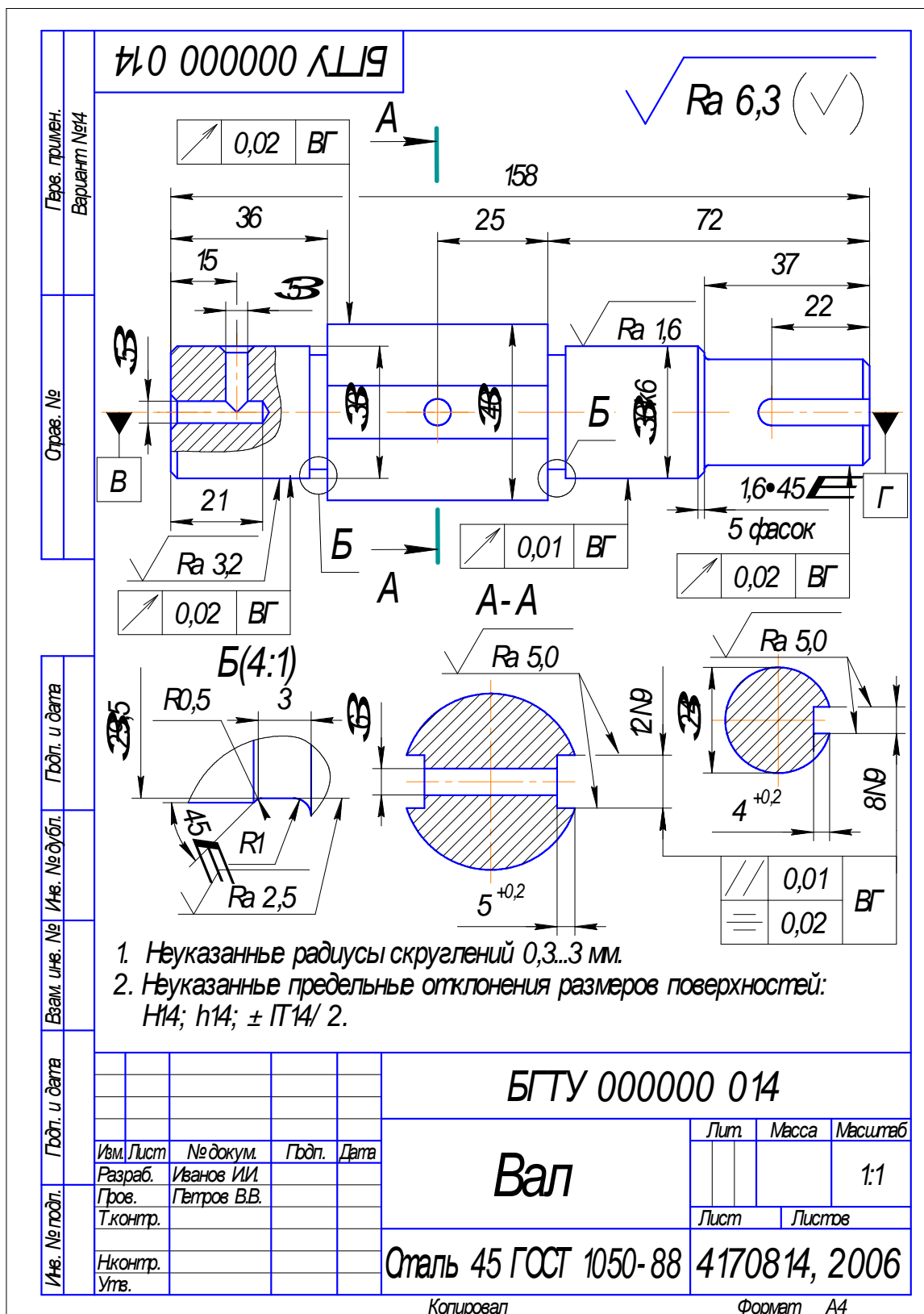


Рис. 49. Рабочий чертеж вала



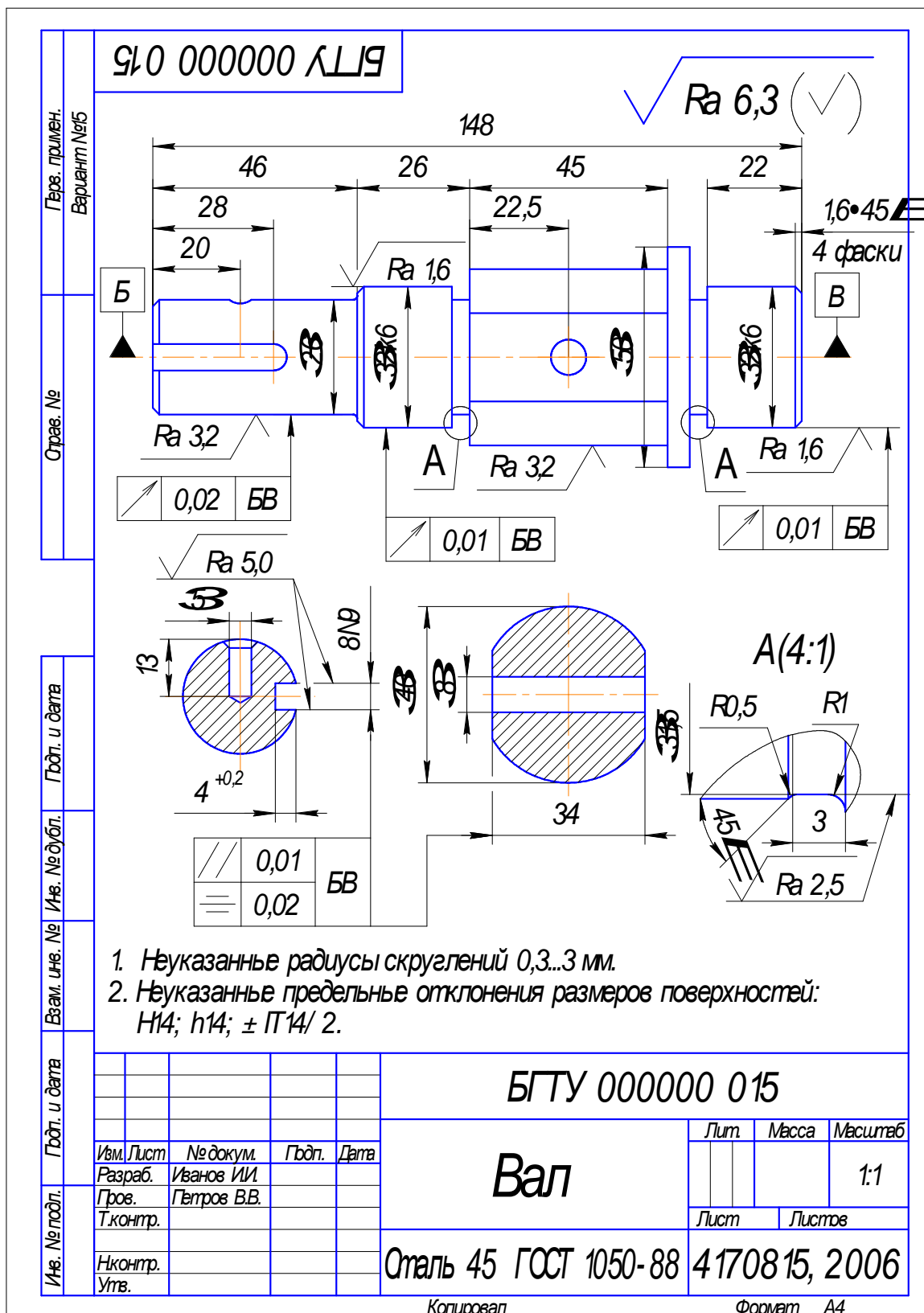


Рис. 50. Рабочий чертеж вала

## Лабораторная работа № 7

### РАСЧЕТ И ДВУХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТИПА «ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ» ПРИ ПОМОЩИ БИБЛИОТЕКИ КОМПАС-SHAFT 2D

*Цель работы:* закрепить основные приемы расчета и двухмерного проектирования деталей машин типа «тела вращения» при помощи библиотеки КОМПАС-Shaft 2D.

#### Задание

Используя инженерно-графические и расчетно-проектные возможности библиотеки КОМПАС-Shaft 2D, рассчитайте и постройте в КОМПАС-ГРАФИК рабочий чертеж и трехмерную модель детали машин типа «тело вращения» в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 51–65.

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата A2 или A3.
3. При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы запустите в КОМПАС-ГРАФИК из папки **Расчет и построение** библиотеку КОМПАС-Shaft 2D.
4. Используя инженерно-графические возможности библиотеки КОМПАС-Shaft 2D (соответствующие команды на *Панели инструментов* библиотеки), постройте на новом листе чертежа в масштабе 1:1 геометрический контур рабочего чертежа детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 51–65.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы:

- а) номер варианта рабочего чертежа (см. рис. 51–65) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя;
  - б) расчет и проектирование в КОМПАС-Shaft 2D элементов механических передач осуществляется по исходным данным, приведенным на рабочих чертежах в технической характеристике (см. рис. 51–65).
5. При помощи команды **Механические свойства материала вала** на *Стандартной панели* библиотеки выберите и установите соответствующий материал детали машин по аналогии с рис. 51–65.

6. Используя команду **Дополнительные элементы ступеней – Подшипники** на *Панели инструментов* библиотеки нанесите на соответствующие ступени главного вида детали упрощенное или полное изображение подшипников.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы тип подшипника подбирается, исходя из посадочного диаметра соответствующей ступени детали машин (см. рис. 51–65), а также принимая во внимание условия работы подшипников (радиальную или радиально-упорную нагрузку).

7. При помощи команды **Приложение нагрузки** на *Панели инструментов* библиотеки нанесите на соответствующие ступени главного вида детали: радиальные и осевые силы, изгибающий или крутящий моменты, а также распределенную нагрузку, исходя из условий работы проектируемой детали машин.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы радиальные и осевые силы, действующие на деталь (см. рис. 51–65), можно условно принять в пределах 10–20 кН; изгибающий или крутящий моменты – в пределах 100–150 Нм; распределенную нагрузку – в пределах 5–10 кН/м.

8. Используя команду **Расчет вала и подшипников** на *Стандартной панели* библиотеки, выполните последовательный расчет подшипников и самой детали машин, исходя из ранее подобранного типа подшипников и нагрузок, действующих на деталь:

- а) при помощи команды **Шероховатость поверхностей вала** из меню **Сервис** модуля расчета валов и подшипников КОМПАС-Shaft Calc установите чистоту обработки поверхностей конструктивных элементов детали машин;
- б) используя команду **Расчет подшипников** на *Стандартной панели* модуля КОМПАС-Shaft Calc, запустите расчет подшипников детали.

**Примечание.** После запуска расчета подшипников на *Панели инструментов* диалогового окна «Расчет подшипников» необходимо задействовать команду **Ресурс работы...** и установить ресурс работы подшипника (1000–1500 ч), а также частоту вращения детали (500–1200 об/мин);

- в) при помощи команды **Общий расчет вала** на *Стандартной панели* модуля КОМПАС-Shaft Calc запустите и выполните полный комплекс расчетов вала.

**Примечание.** Выбор того или иного способа расчета вала осуществляется щелчком левой клавиши мыши по наименованию соответствующего способа расчета в диалоговом окне «Расчет вала»;

- г) после выполнения полного комплекса расчетов вала в диалоговом окне «Расчет вала» необходимо открыть вкладку **Графики и расчеты**;
  - д) последовательно используя команды **На отдельных листах в КОМПАС-ГРАФИК** и **Сформировать отчет** на *Стандартной панели* диалогового окна «Графики и отчеты», автоматически сформируйте отчет о расчете вала на отдельных листах КОМПАС-ГРАФИК;
  - е) при помощи команды **Выход** из меню **Расчеты** диалогового окна «КОМПАС-Shaft Calc» закройте одноименный модуль расчета валов и подшипников.
9. Используя команду **Дополнительные построения – Генерация 3D-модели** на *Стандартной панели* библиотеки, выполните автоматическое построение трехмерной твердотельной параметрической модели ранее построенной детали вращения.
10. При помощи команды **Сохранить вал и выйти** на *Стандартной панели* библиотеки сохраните ранее начерченный геометрический контур детали машин и закройте библиотеку КОМПАС-Shaft 2D.
11. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Размеры, Обозначения** нанесите на ранее построенном рабочем чертеже детали машин размеры и технологические обозначения в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 51–65.
12. Используя команды **Неуказанная шероховатость, Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка**, нанесите на ранее построенном рабочем чертеже значок неуказанной шероховатости, введите технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа (см. рис. 51–65).

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант:

- а) рабочего чертежа детали машин, выполненного в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 51–65;
- б) трехмерной твердотельной параметрической модели детали машин, идентичной рабочему чертежу (см. рис. 51–65);
- в) автоматического отчета о расчете детали машин в КОМПАС-Shaft Calc, представленного на отдельных листах КОМПАС-ГРАФИК.

Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения рабочего чертежа и трехмерной модели детали машин, а также правильность составления отчета о расчете детали вращения в КОМПАС-Shaft Calc.



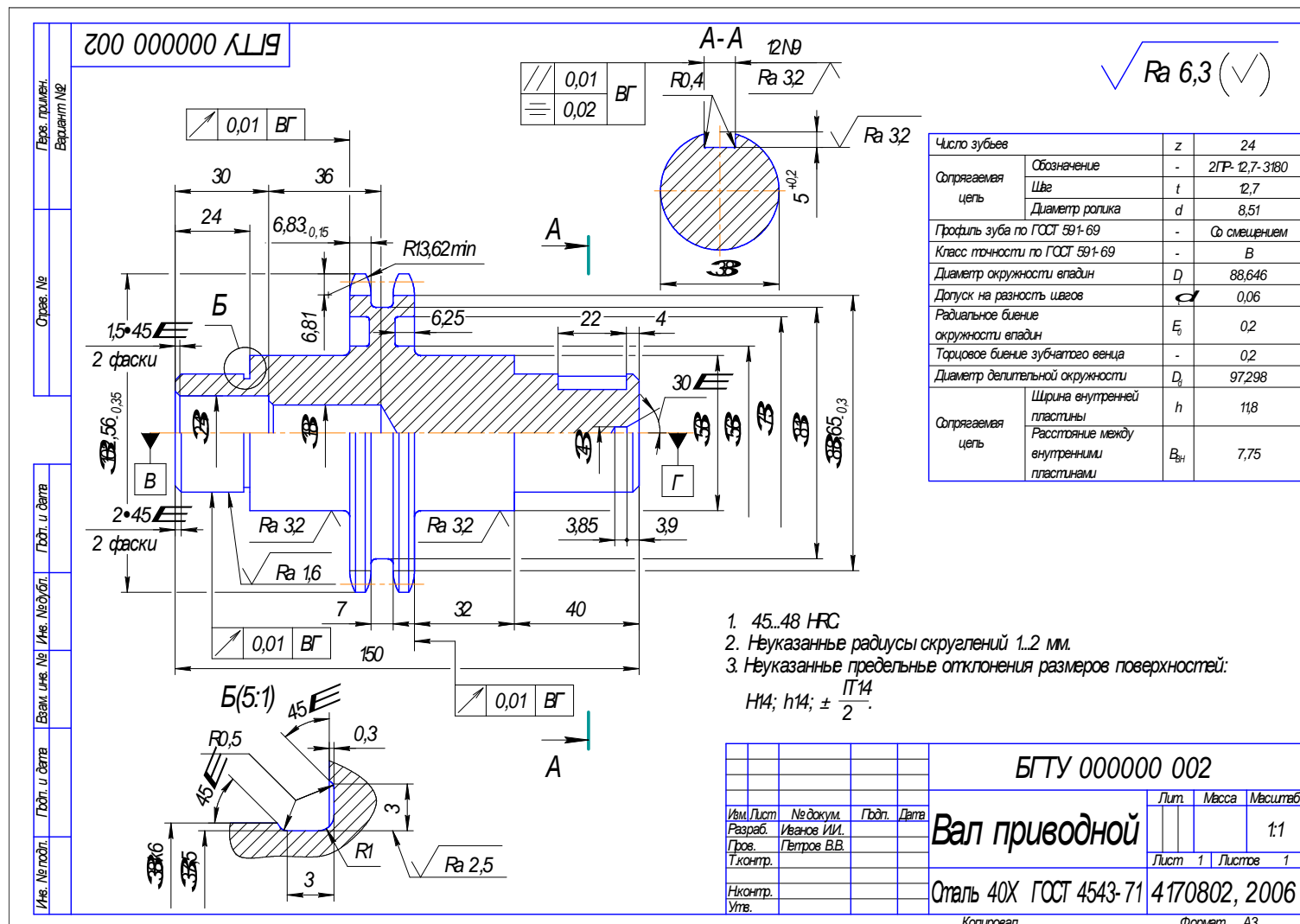


Рис. 52. Рабочий чертеж приводного вала

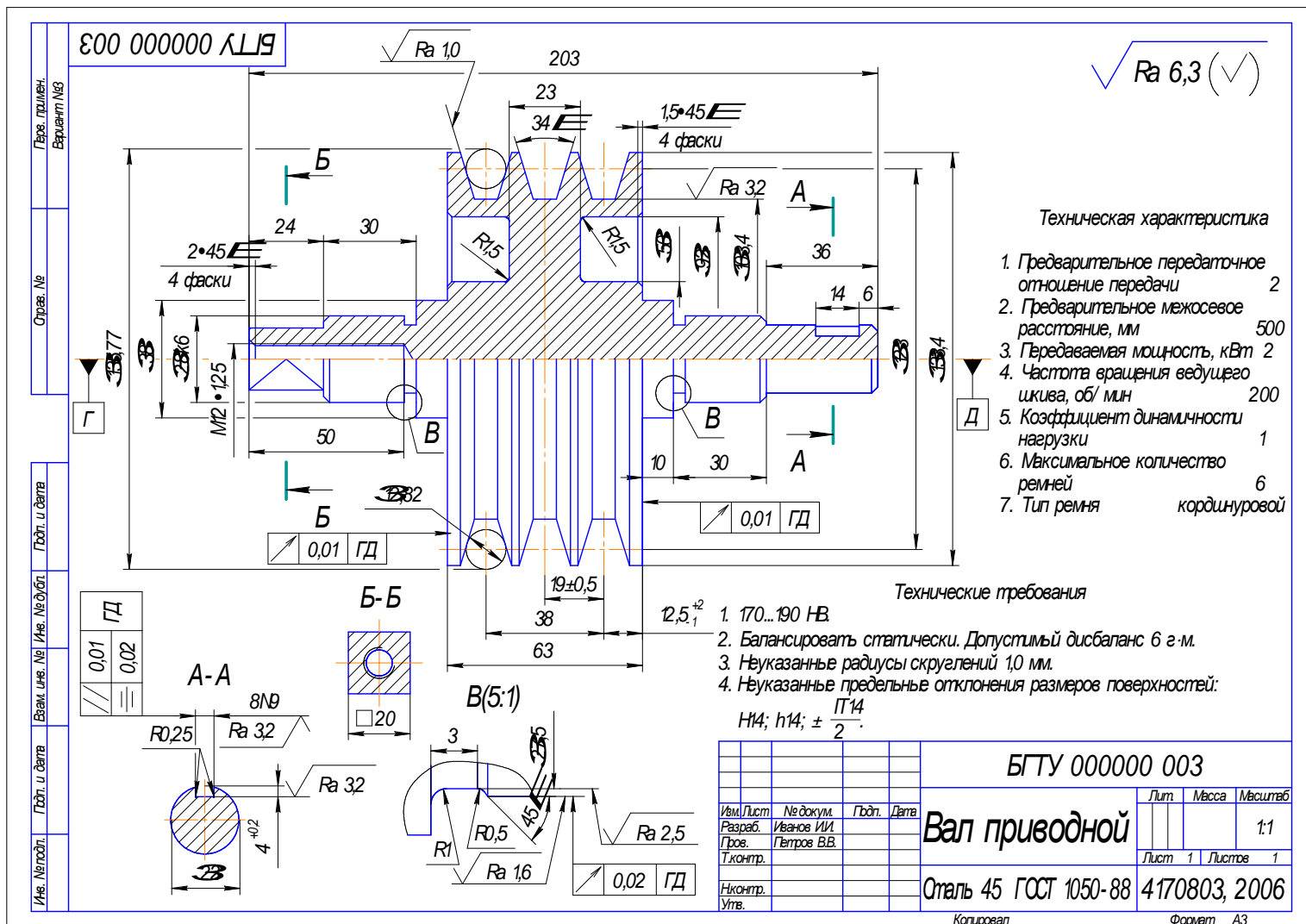


Рис. 53. Рабочий чертеж приводного вала









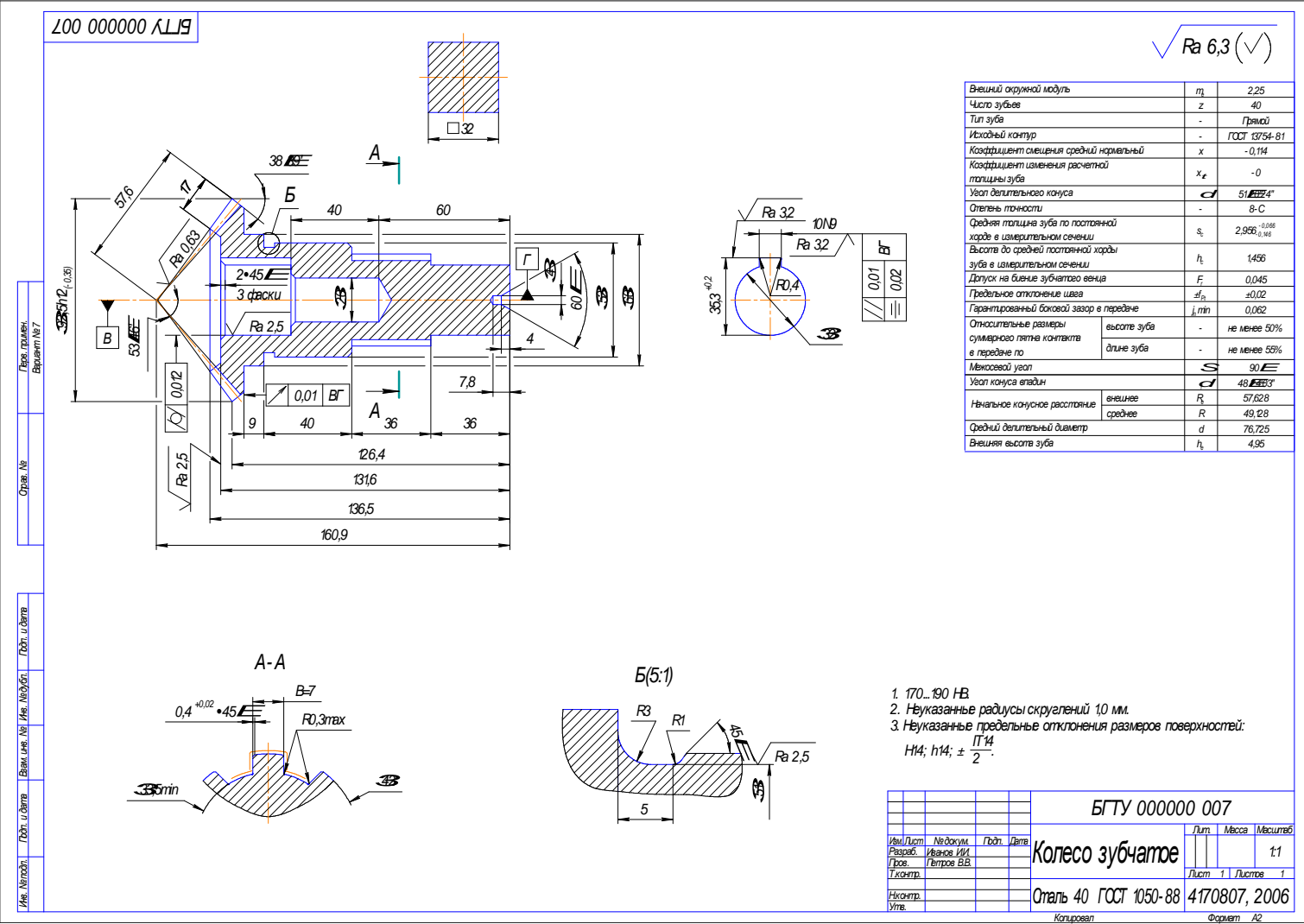


Рис. 57. Рабочий чертеж зубчатого колеса



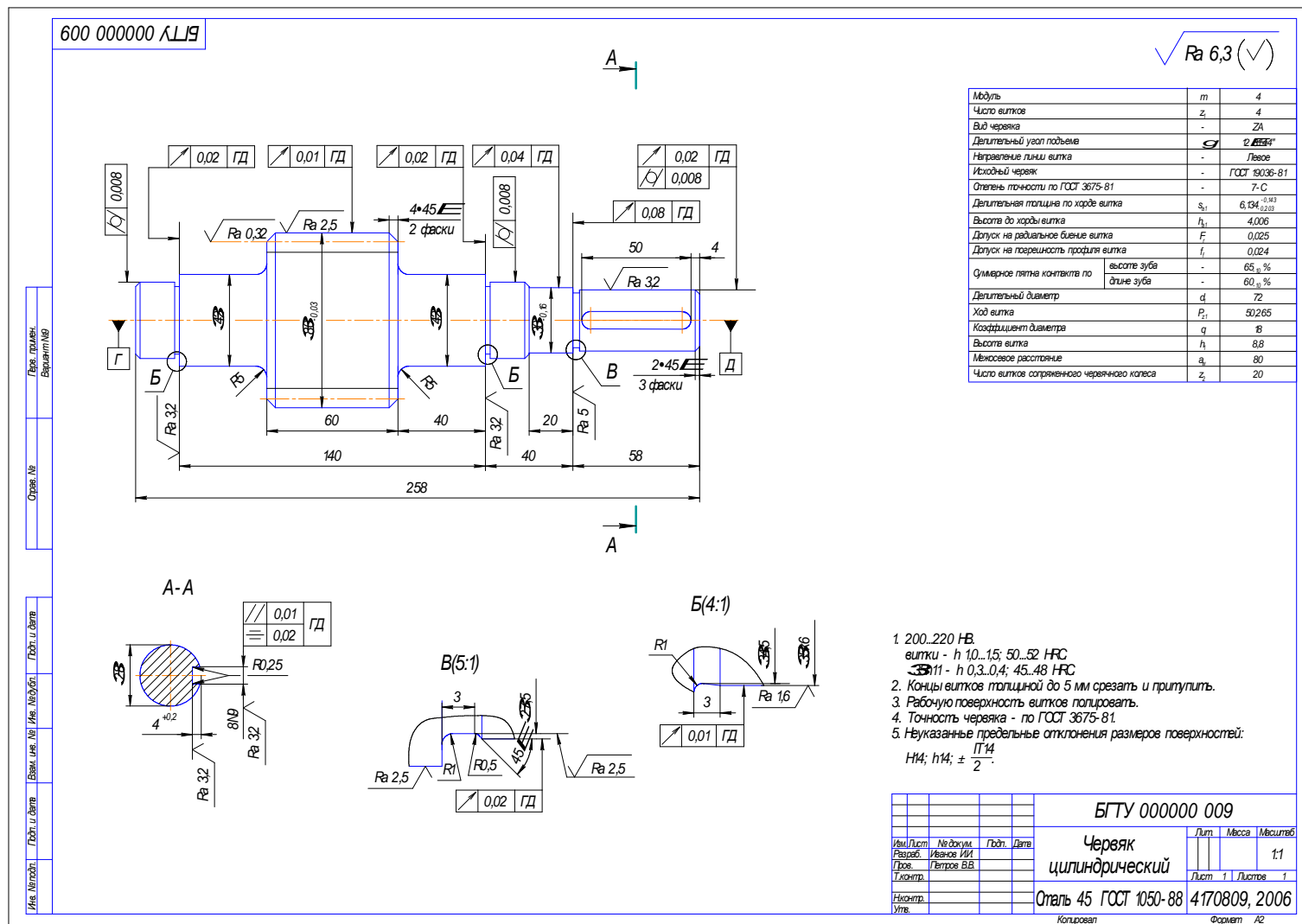


Рис. 59. Рабочий чертеж цилиндрического червяка



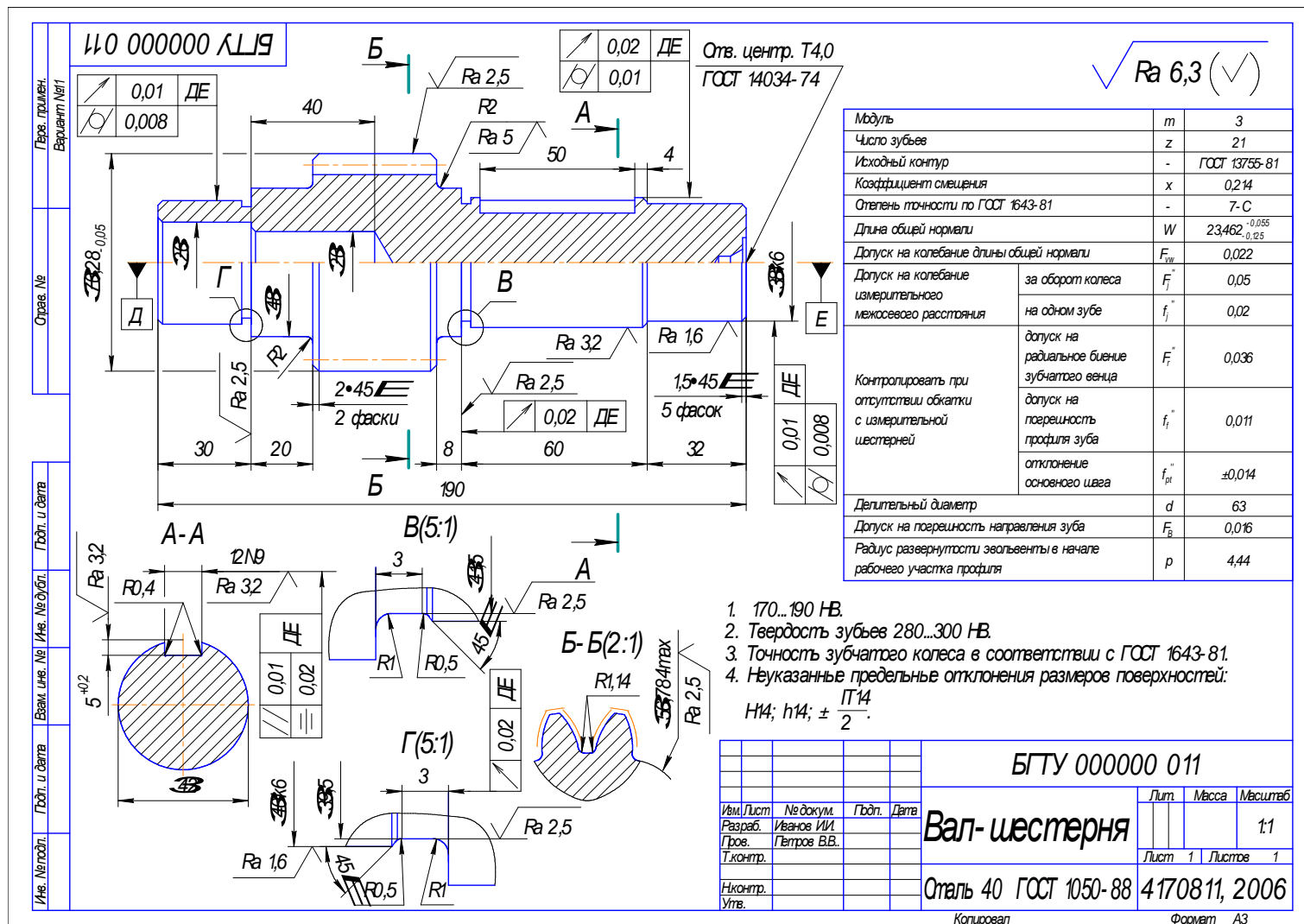


Рис. 61. Рабочий чертеж вал-шестерни

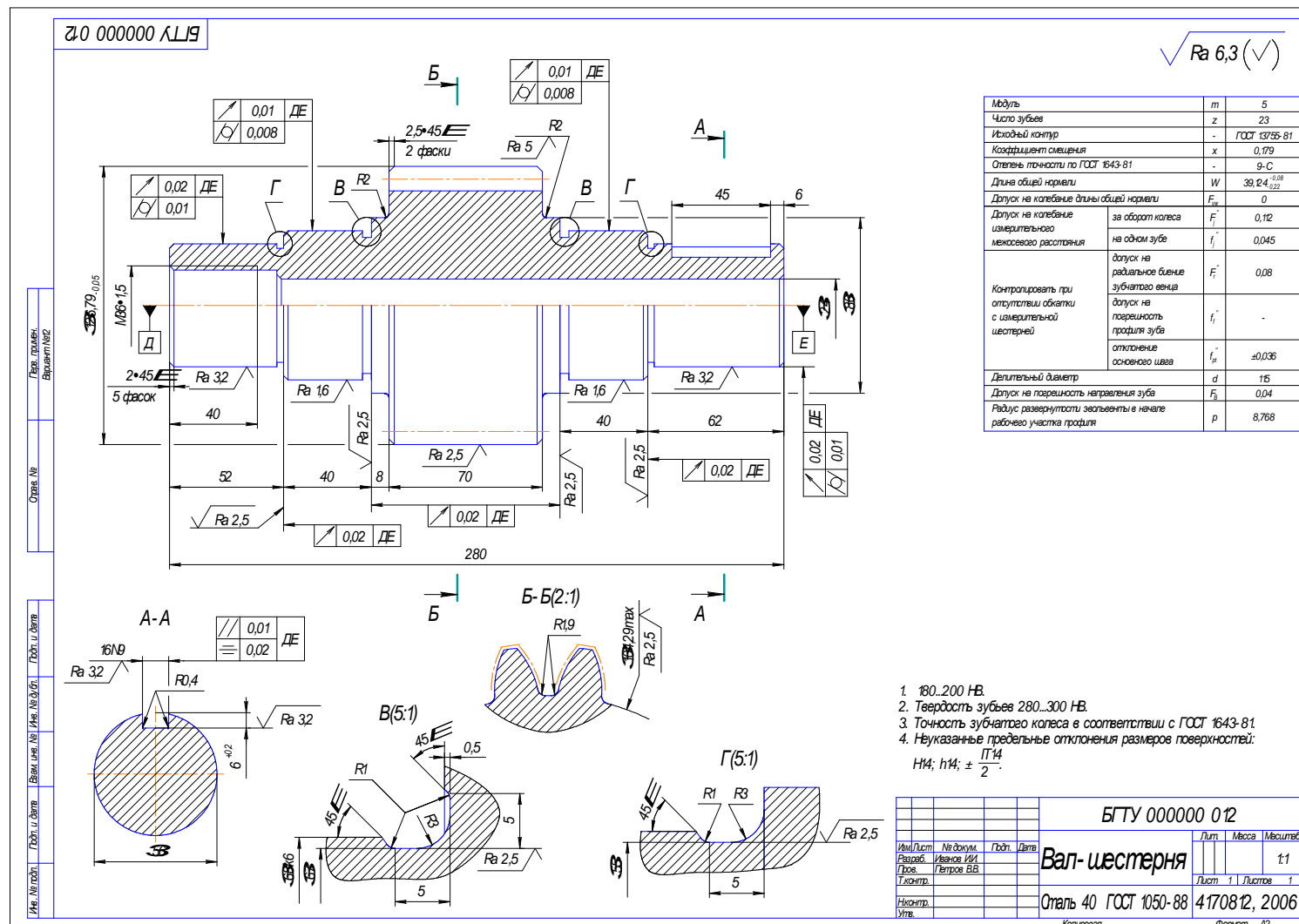


Рис. 62. Рабочий чертеж вал-шестерни



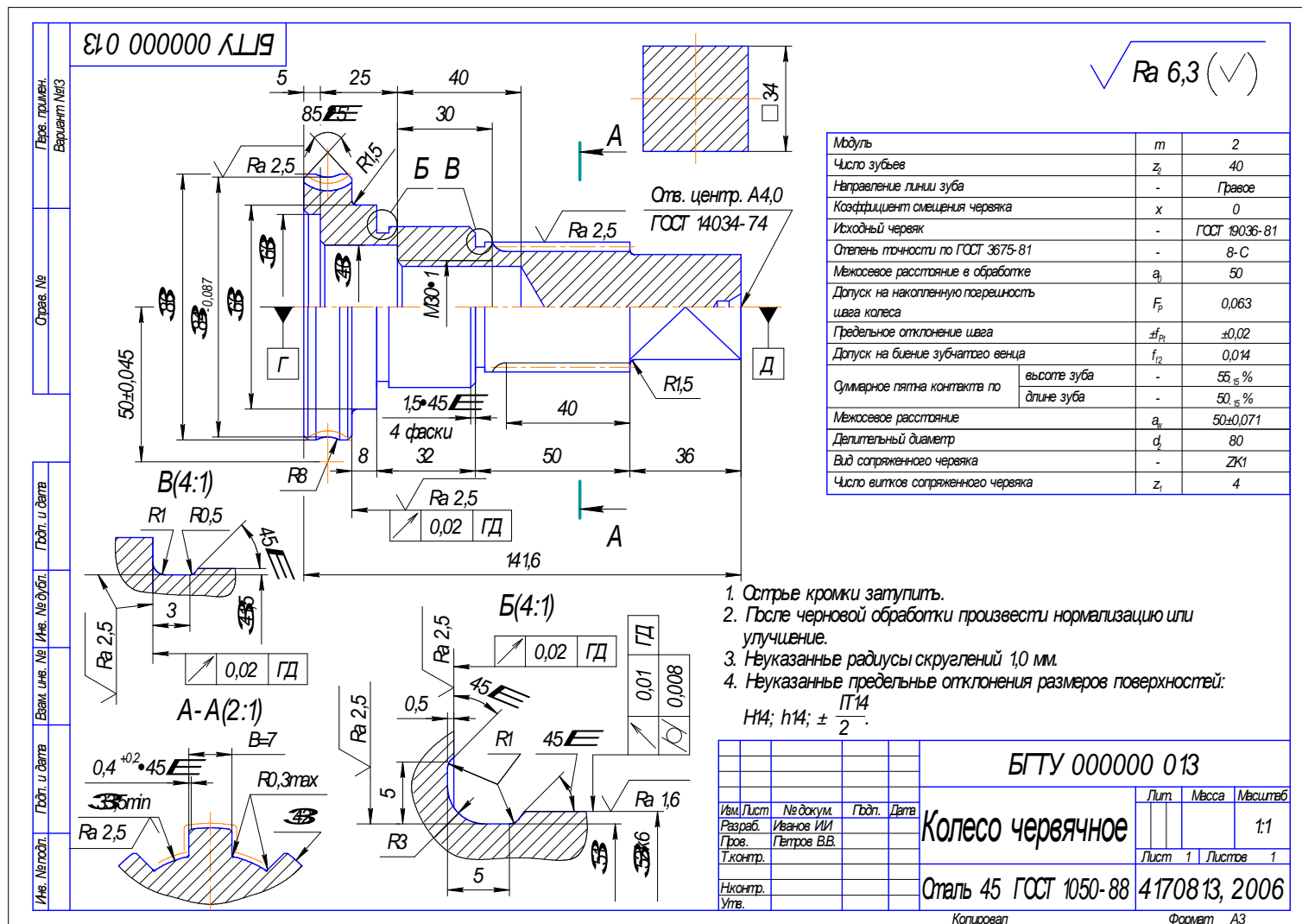


Рис. 63. Рабочий чертеж червячного колеса

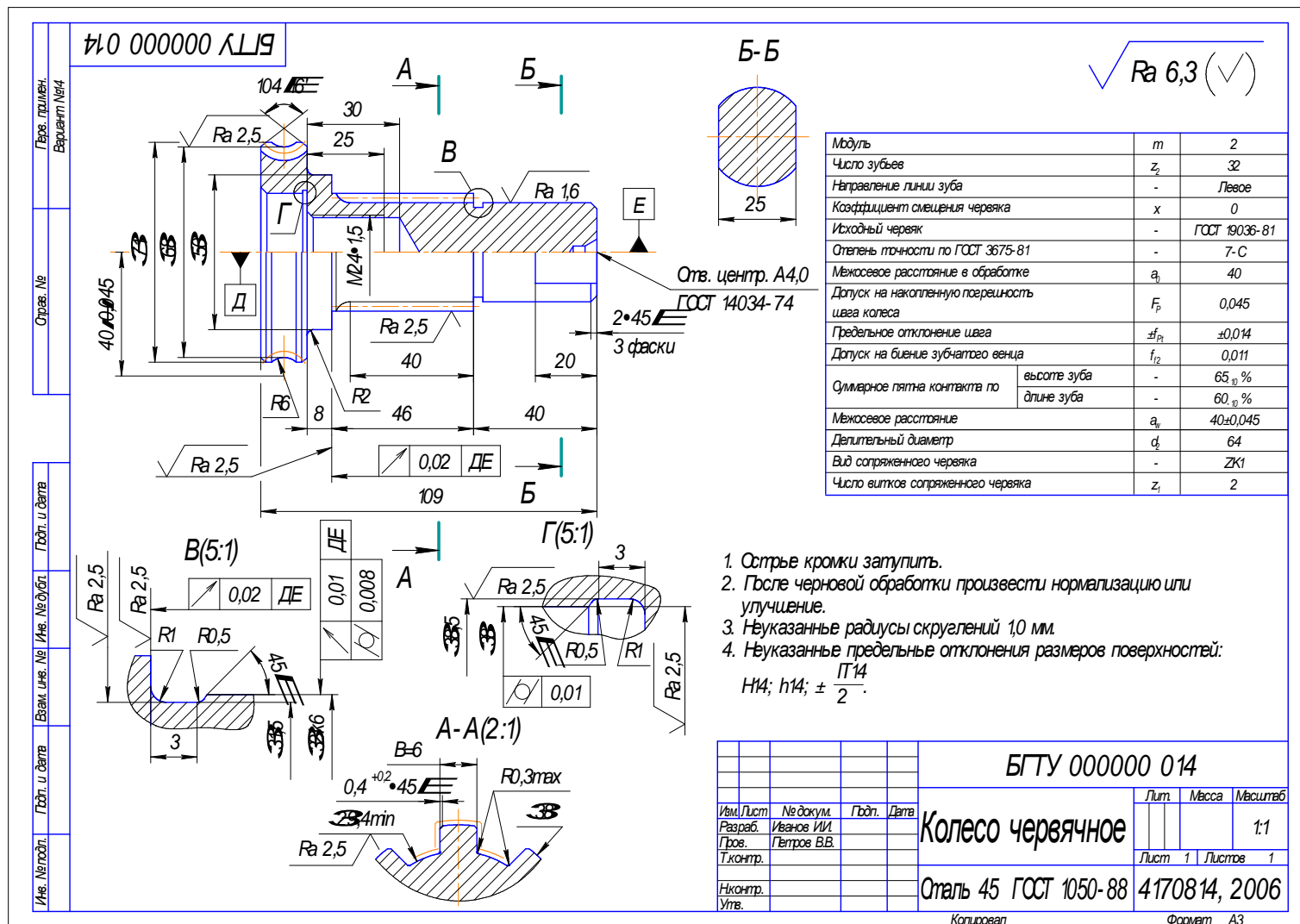


Рис. 64. Рабочий чертеж червячного колеса

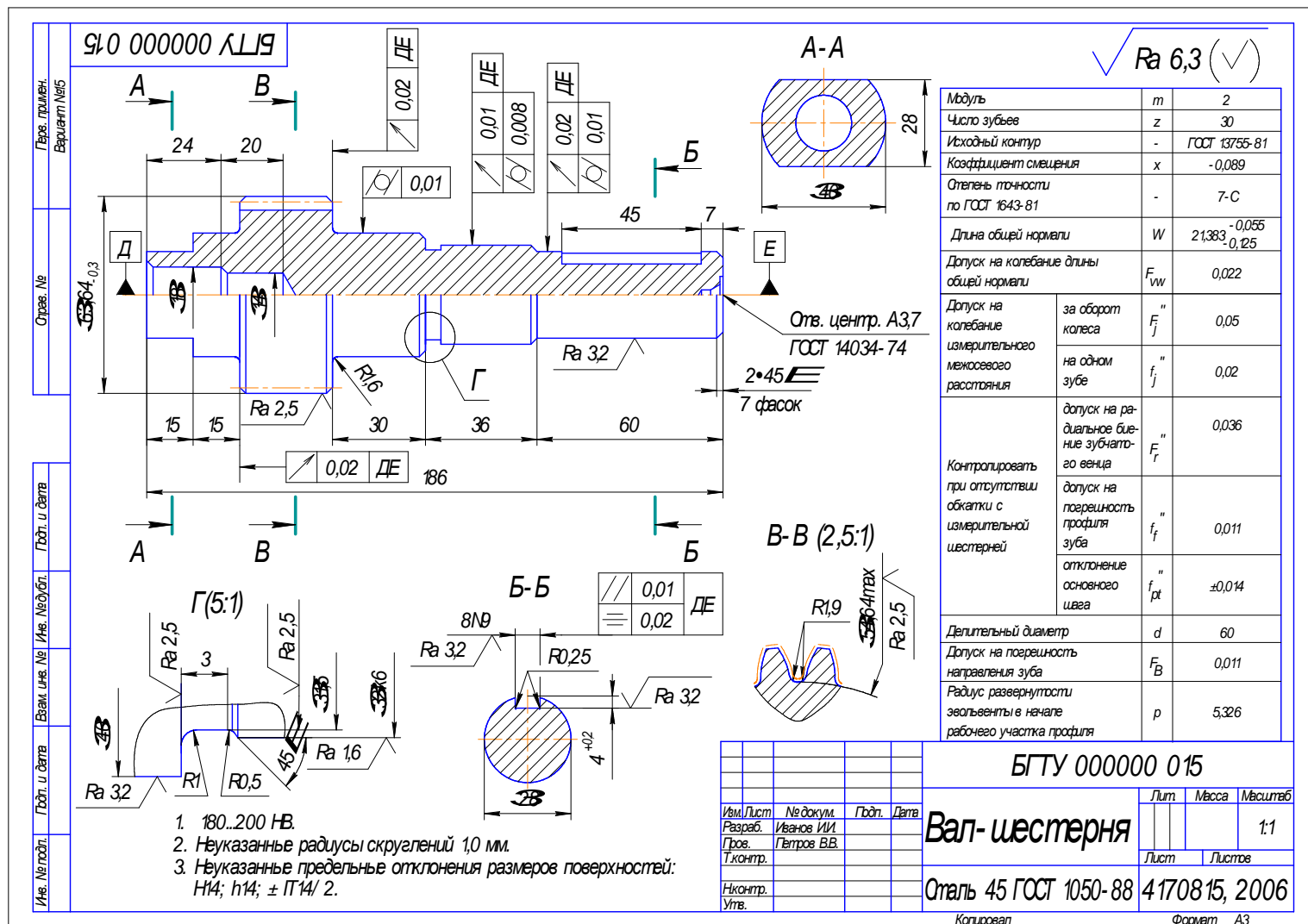


Рис. 65. Рабочий чертеж вал-шестерни

## Лабораторная работа № 8

### РАСЧЕТ И ДВУХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРУЖИН ПРИ ПОМОЩИ БИБЛИОТЕКИ КОМПАС-SPRING. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПАС-ГРАФИК ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Цель работы:* закрепить основные приемы расчета и двухмерного проектирования пружин при помощи библиотеки КОМПАС-Spring, а также приемы создания ассоциативных рабочих чертежей по готовым трехмерным моделям деталей машин.

#### Задание

1. Используя инженерно-графические и расчетно-проектные возможности библиотеки КОМПАС-Spring, рассчитайте и постройте в КОМПАС-ГРАФИК рабочий чертеж пружины с диаграммой растяжения/сжатия и ее трехмерную модель в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 5–9.
2. Используя ассоциативные возможности системы, создайте в КОМПАС-ГРАФИК рабочий чертеж и аксонометрическое изображение детали машин по ее готовой трехмерной модели.

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3.
3. При помощи команды **Менеджер библиотек** из меню **Сервис** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы запустите в КОМПАС-ГРАФИК из папки **Расчет и построение** библиотеку КОМПАС-Spring.
4. Используя инженерно-графические и расчетно-проектные возможности библиотеки КОМПАС-Spring, рассчитайте и постройте на новом листе чертежа в стандартном масштабе рабочий чертеж пружины с диаграммой растяжения/сжатия в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 5–9.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы:

- а) номер варианта исходных данных для расчета и проектирования пружин (см. табл. 5–9) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя;

- б) проектирование любого типа пружин необходимо начинать с проектного и проверочного расчетов. По результатам этих расчетов выполняется построение рабочего чертежа пружины с диаграммой растяжения/сжатия.
5. Выбирая в диалоговом окне «Проектирование...пружин» библиотеки КОМПАС-Spring соответствующий способ построения пружин, выполните по результатам проектного и проверочного расчетов генерацию трехмерной модели пружины в новом окне КОМПАС-ГРАФИК.
6. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Выделение** и **Редактирование**, отредактируйте, если необходимо, рабочий чертеж пружины с диаграммой растяжения/сжатия.
7. Используя команды **Неуказанная шероховатость**, **Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка**, нанесите на ранее построенном рабочем чертеже пружины значок неуказанной шероховатости, отредактируйте технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа.

Таблица 5. Расчет и проектирование цилиндрической пружины растяжения при помощи библиотеки КОМПАС-Spring

Перечень исходных данных для расчета и проектирования пружины	№ варианта		
	1	6	11
1	2	3	4
Проектный расчет			
Класс пружины	1	2	1
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Проволока Б-2А-П	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Диаметр пружины, мм	50	70	60
Относительный инерционный зазор	0,10	0,08	0,07
Длина левого зацепа пружины, мм	30	35	25
Длина правого зацепа пружины, мм	30	35	25
Сила предварительного натяжения, Н	2	4	3
Сила пружины при предварительной деформации, Н	5	8	6

Окончание табл. 5

1	2	3	4
Сила пружины при рабочей деформации, Н	100	140	120
Рабочий ход пружины, мм	50	100	80
Длина пружины при рабочей деформации, мм	100	150	120
<b>Проверочный расчет</b>			
Класс пружины	1	2	1
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Проволока Б-2А-П	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Диаметр пружины, мм	50	70	60
Диаметр проволоки, мм	3,2	3,2	3,5
Относительный инерционный зазор	0,10	0,08	0,07
Число рабочих витков пружины	10	15	20
Число витков, которое прибавляется или отнимается от числа витков существующей пружины	1	1	1
Длина левого зацепа пружины, мм	30	35	25
Длина правого зацепа пружины, мм	30	35	25
Сила предварительного натяжения, Н	2	4	3
<b>Построение пружины</b>			
Тип и ориентация зацепов пружины	Тип I	Тип II	Тип III
Масштаб вида	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Отрисовка с размерами	Да	Да	Да
Отрисовка диаграммы	Да	Да	Да
Группа точности по геометрическим параметрам	2	3	2
Группа точности по силам и деформациям	2	3	1
Задание допусков на	Усилия	Деформации	Усилия
Изображение деформаций	Длины пружины	Деформации пружины	Деформации пружины

**Таблица 6. Расчет и проектирование цилиндрической пружины сжатия при помощи библиотеки КОМПАС-Spring**

Перечень исходных данных для расчета и проектирования пружины	№ варианта		
	2	7	12
1	2	3	4
<b>Проектный расчет</b>			
Класс пружины	1	2	2
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Проволока Б-2	Сталь 65Г ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Диаметр пружины, мм	40	50	60
Относительный инерционный зазор	0,10	0,15	0,20
Число опорных (поджатых) витков с одной стороны	1	0,75	0,50
Число обработанных витков с одной стороны	0	0,75	0,50
Сила пружины при предварительной деформации, Н	0	1	2
Сила пружины при рабочей деформации, Н	100	120	140
Рабочий ход пружины, мм	70	80	90
Длина пружины при рабочей деформации, мм	90	100	110
<b>Проверочный расчет</b>			
Класс пружины	1	2	2
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Проволока Б-2	Сталь 65Г ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Диаметр пружины, мм	40	50	60
Диаметр проволоки, мм	3	4	3,4
Относительный инерционный зазор	0,10	0,15	0,20
Число рабочих витков пружины	10	15	20
Число витков, которое прибавляется или отнимается от числа витков существующей пружины	1	1	1

Окончание табл. 6

1	2	3	4
Число опорных (поджатых) витков с одной стороны	1	0,75	0,50
Число обработанных витков с одной стороны	0	0,75	0,50
Длина пружины в свободном состоянии, мм	60	70	80
<b>Построение пружины</b>			
Масштаб вида	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Отрисовка с размерами	Да	Да	Да
Отрисовка диаграммы	Да	Да	Да
Группа точности по геометрическим параметрам	2	3	2
Группа точности по силам и деформациям	2	3	1
Задание допусков на	Усилия	Деформации	Усилия
Изображение деформаций	Длины пружины	Деформации пружины	Деформации пружины
Отклонение от перпендикулярности торцов	—	—	В долях диаметра пружины

**Таблица 7. Расчет и проектирование тарельчатой пружины  
при помощи библиотеки КОМПАС-Spring**

Перечень исходных данных для расчета и проектирования пружины	№ варианта		
	3	8	13
1	2	3	4
<b>Проектный расчет</b>			
Схема сборки	Последовательная 1	Последовательная 2	Параллельная
Количество пружин в пакете	—	—	4
Класс пружин(ы)	1	1	2
Тип исполнения пружин(ы)	1	2	3
Группа точности пружин(ы)	1	2	3



Продолжение табл. 7

1	2	3	4
Материал пружин(ы)	Сталь 60С2ХА ГОСТ 14858-79	Сталь 70С2ХА ГОСТ 14858-79	Сталь 51ХФА ГОСТ 14858-79
Наружный диаметр пружин(ы), мм, не более	20	16	20
Внутренний диаметр пружин(ы), мм, не менее	8	8,2	10
Сила пружин(ы) при предварительном сжатии, Н	100	80	200
Сила пружин(ы) при рабочей деформации, Н	130	120	250
Отношение предварительной деформации к максимальной деформации	0,40	0,38	0,40
Отношение рабочей деформации к максимальной деформации	0,60	0,56	0,60
Рабочий ход пружины, мм	1,3	2	—
<b>Проверочный расчет</b>			
Схема сборки	После- дова- тельная 1	После- дова- тельная 2	Парал- лельная
Количество пружин в пакете	—	—	4
Класс пружин(ы)	1	1	2
Тип исполнения пружин(ы)	1	2	3
Группа точности пружин(ы)	1	2	3
Материал пружин(ы)	Сталь 60С2ХА ГОСТ 14858-79	Сталь 70С2ХА ГОСТ 14858-79	Сталь 51ХФА ГОСТ 14858-79
Наружный диаметр пружин(ы), мм, не более	20	16	20
Внутренний диаметр пружин(ы), мм, не менее	8	8,2	10
Рабочий ход пружины, мм	1,3	2	—
Максимальный ход одной пружины, мм	0,65	0,50	0,40
Отношение предварительной деформации к максимальной деформации	0,40	0,38	0,40
Отношение рабочей деформации к максимальной деформации	0,60	0,56	0,60

Окончание табл. 7

1	2	3	4
<b>Построение пружины</b>			
Масштаб вида	10 : 1	10 : 1	10 : 1
Детализовочный чертеж	Да	Да	Да
Заполнить штамп	Да	Да	Да
Технические требования	Да	Да	Да

**Таблица 8. Расчет и проектирование конических и фасонных пружин при помощи библиотеки КОМПАС-Spring**

Перечень исходных данных для расчета и проектирования пружины	№ варианта		
	4	9	14
1	2	3	4
<b>Проектный расчет</b>			
Форма поперечного сечения витка	Круглая	Квадратная	Прямоугольная
Класс пружины	3	2	1
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 51ФХА ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Вид пружины	Коническая	Параболическая	Коническая
Вид пружины в плане (вид спирали)	Архимедова	Архимедова	Логарифмическая
Относительный инерционный зазор	0,10	0,15	0,20
Наименьший радиус рабочей части пружины, мм	20	30	10
Наибольший радиус рабочей части пружины, мм	50	60	40
Сила пружины при рабочей деформации, Н	80	100	70
Рабочий ход пружины, мм	40	30	45
Длина пружины при рабочей деформации, мм	50	45	55
<b>Проверочный расчет</b>			
Форма поперечного сечения витка	Круглая	Квадратная	Прямоугольная

Окончание табл. 8

1	2	3	4
Класс пружины	3	2	1
Разряд пружины	2	3	4
Материал пружины	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 51ФХА ГОСТ 14858-79	Сталь 70С3А ГОСТ 14858-79
Вид пружины	Кониче- ская	Парабо- лоидная	Кониче- ская
Диаметр поперечного сечения витка пружины, мм	1,2	—	—
Ширина поперечного сечения витка пружины, мм	—	2	1
Высота поперечного сечения витка пружины, мм	—	2	3
Вид пружины в плане (вид спирали)	Архи- медова	Архи- медова	Логариф- мическая
Относительный инерционный зазор	0,10	0,15	0,20
Наименьший радиус рабочей части пружины, мм	20	30	10
Наибольший радиус рабочей части пружины, мм	50	60	40
Число рабочих витков пружины	25	3	3
Длина пружины в свободном состоя- нии, мм	40	50	60
<b>Построение пружины</b>			
Масштаб вида	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Детализировочный чертеж	Да	Да	Да
Заполнить штамп	Да	Да	Да
Технические требования	Да	Да	Да
Отрисовка диаграммы	Да	Да	Да
Группа точности по геометрическим параметрам	2	3	2
Группа точности по силам и деформациям	2	3	1
Задание отклонений на	Усилия	Дефор- мации	Усилия
Отклонение от перпендикулярности торцов в долях	диаметра пружины	длины пружины	длины пружины

**Таблица 9. Расчет и проектирование пружин кручения  
при помощи библиотеки КОМПАС-Spring**

Перечень исходных данных для расчета и проектирования пружины	№ варианта		
	5	10	15
1	2	3	4
<b>Проектный расчет</b>			
Класс пружины	2	1	2
Разряд пружины	2	3	3
Материал пружины	Прово- лока Б-2А-П	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 65Г ГОСТ 14858-79
Наружный диаметр пружины, мм	50	40	30
Относительный инерционный зазор	0,05	0,10	0,075
Число дополнительных витков	0,50	0,25	0,75
Момент силы пружины при предвари- тельной деформации, Н·мм	800	500	300
Момент силы пружины при рабочей деформации, Н·мм	9 000	5 000	4 000
Рабочий угол закручивания, град.	180	270	90
Выносливость пружины, циклов	300 000	300 000	300 000
<b>Проверочный расчет</b>			
Класс пружины	2	1	2
Разряд пружины	2	3	3
Материал пружины	Прово- лока Б-2А-П	Сталь 60С2А ГОСТ 14858-79	Сталь 65Г ГОСТ 14858-79
Наружный диаметр пружины, мм	50	40	30
Диаметр сечения проволоки, мм	6,2	5,5	5,0
Относительный инерционный зазор	0,05	0,10	0,075
Число дополнительных витков	0,50	0,25	0,75
Момент силы пружины при предвари- тельной деформации, Н·мм	800	500	300
Рабочий угол закручивания, град.	180	270	90
Выносливость пружины, циклов	300 000	300 000	300 000
Число рабочих витков пружины	42	88	35
На сколько изменится число витков пружины	1	1	1

Окончание табл. 9

1	2	3	4
<b>Построение пружины</b>			
Масштаб вида	1 : 1	1 : 1	1 : 1
Ориентация зацепов пружины	Вид I	Вид II	Вид III
Тип зацепа пружины	Тип I	Тип II	Тип III
Детализировочный чертеж	Да	Да	Да
Предварительное построение	Да	Да	Да
В текущем документе	Да	Да	Да
Заполнить штамп	Да	Да	Да
Отрисовка диаграммы	Да	Да	Да
Технические требования	Да	Да	Да
Группа точности по геометрическим параметрам	2	3	2
Группа точности по силам и деформациям	2	3	1
Задание допусков на	Усилия	Деформации	Усилия

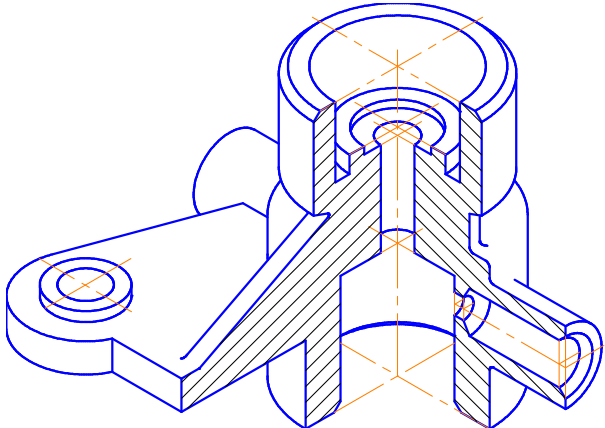
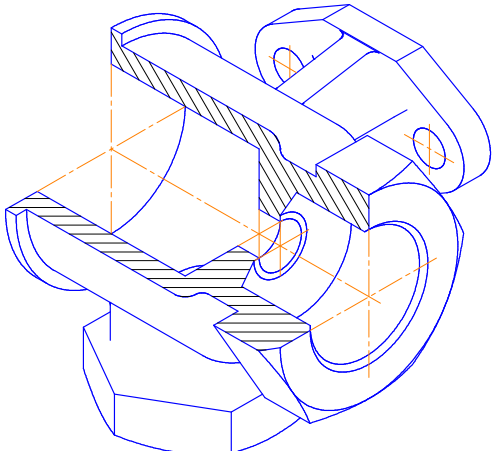
8. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3 или А2.
9. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Ассоциативные виды*, постройте на новом листе чертежа в стандартном масштабе геометрический контур рабочего чертежа и аксонометрическое изображение детали машин по ее готовой трехмерной модели в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 10.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы:

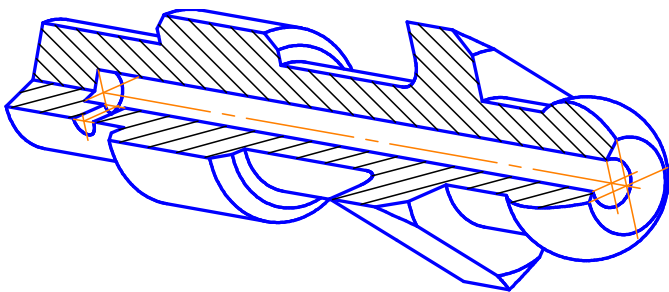
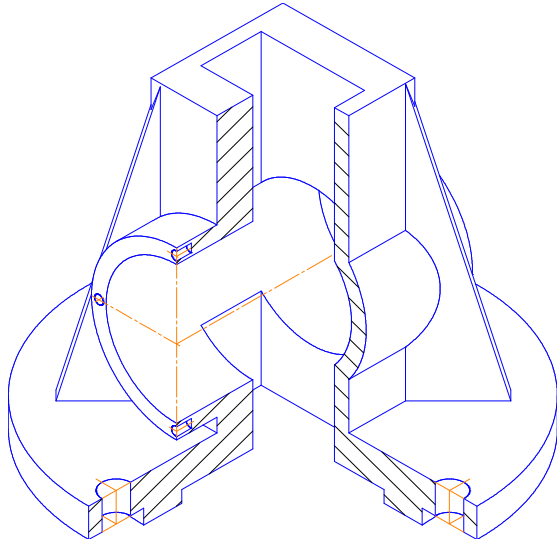
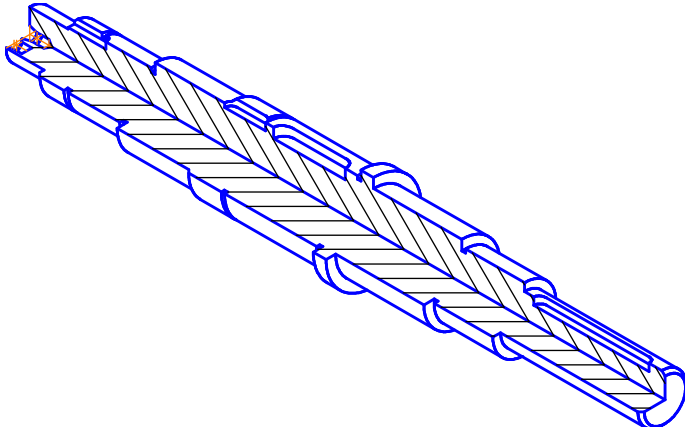
- а) номер варианта исходной трехмерной модели детали для построения ассоциативного рабочего чертежа (см. табл. 10) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя;
- б) при построении ассоциативного рабочего чертежа детали машин ее готовую трехмерную модель можно найти на жестком диске ПЭВМ по адресу: C:\Program files\Ascon\Kompas-3D V7\Лаб. работы\Лаб. раб. № 8\3D-модели\Вариант 1.m3d;
- в) последовательность построения ассоциативного рабочего чертежа детали машин может быть следующей:
  - создание главного вида детали;
  - построение дополнительных видов детали (вид слева, вид сверху, местный вид, выносной элемент и т. д.);
  - построение разрезов и сечений детали (при необходимости);

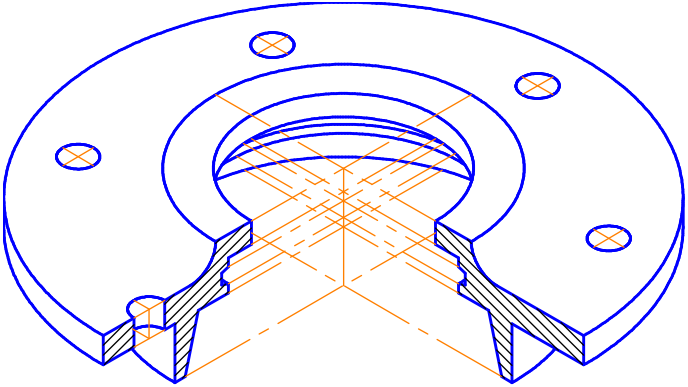
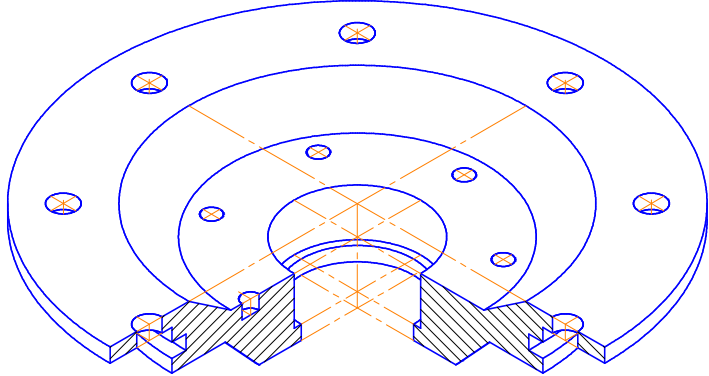
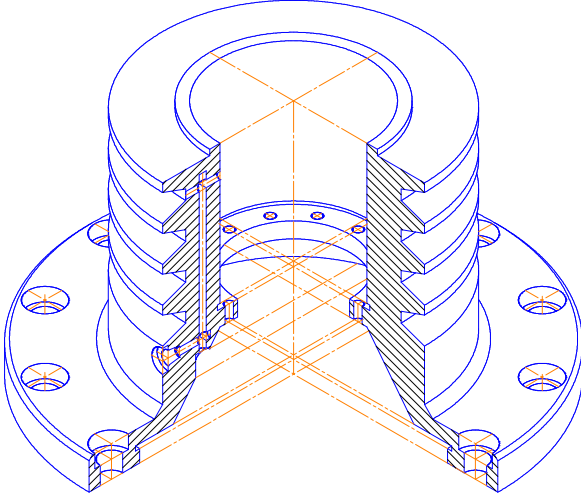
- создание аксонометрического изображения детали.
- Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Размеры**, **Обозначения** нанесите на ранее построенном рабочем чертеже детали машин размеры и технологические обозначения, принимая во внимания условия работы детали.
  - При помощи команд **Неуказанная шероховатость**, **Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка** нанесите на, ранее построенном рабочем чертеже значок неуказанной шероховатости, введите технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа.

Таблица 10. Построение ассоциативного рабочего чертежа детали машин по готовой трехмерной модели

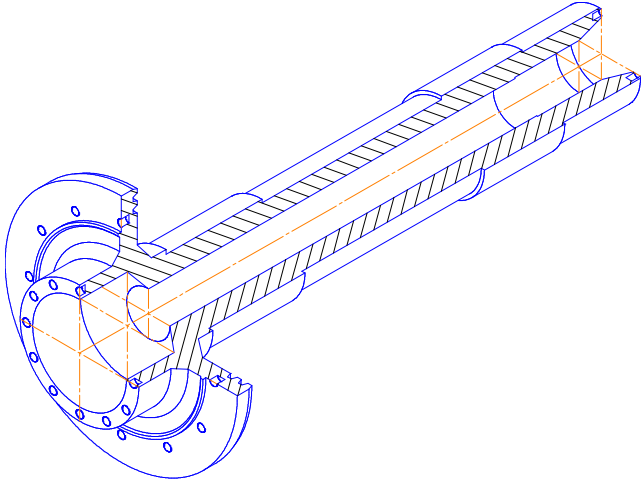
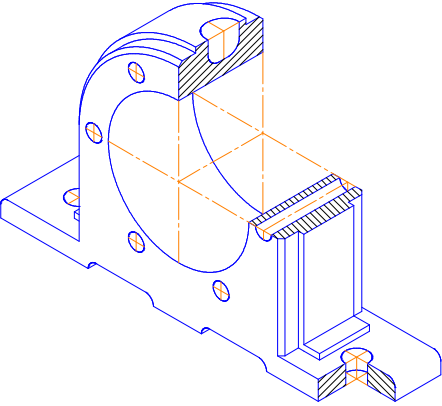
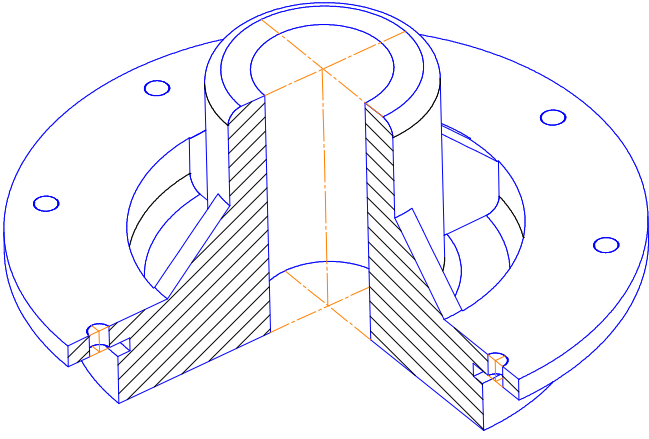
№ варианта	Аксонометрическое изображение детали	Материал детали
1	2	3
1	<p>Корпус</p> 	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
2	<p>Корпус</p> 	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>

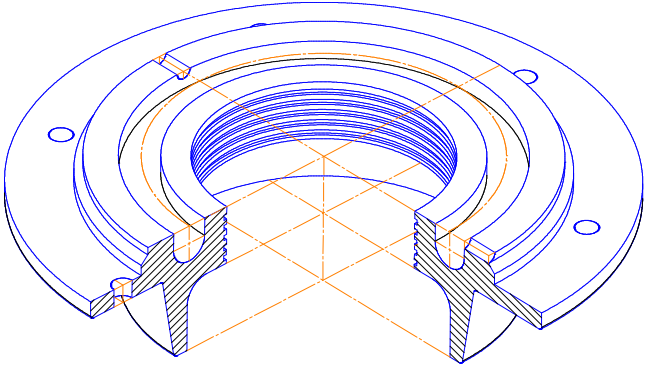
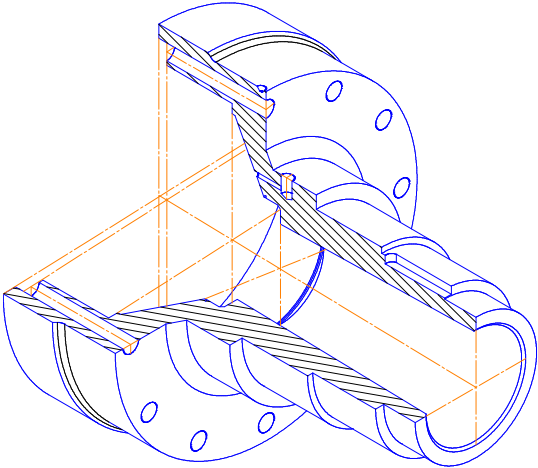
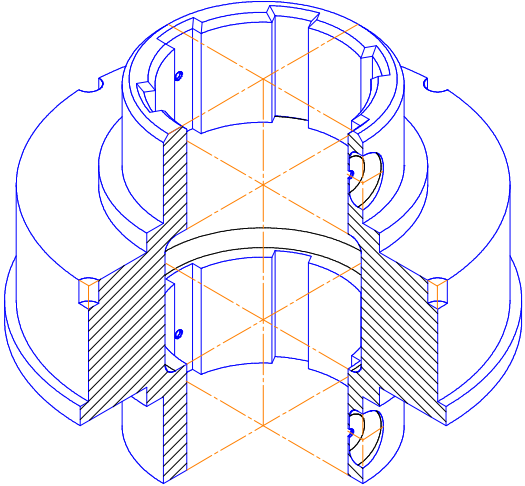
Продолжение табл. 10

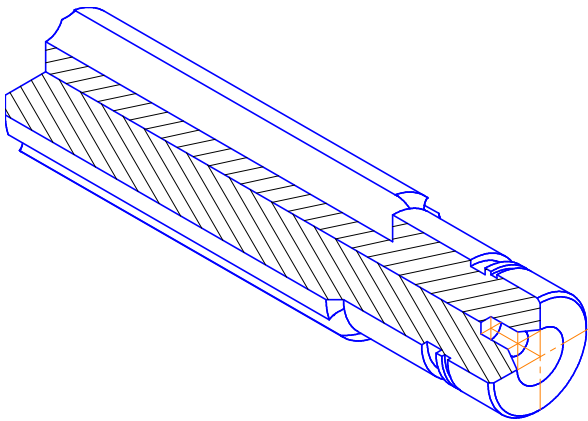
1	2	3
3	<p>Ось</p> 	<p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>
4	<p>Корпус</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
5	<p>Вал</p> 	<p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>

1	2	3
6	<p data-bbox="587 297 935 338">Крышка подшипника</p> 	<p data-bbox="1153 499 1367 577">Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
7	<p data-bbox="703 815 820 855">Стакан</p> 	<p data-bbox="1153 1014 1367 1093">Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
8	<p data-bbox="715 1323 809 1364">Шкив</p> 	<p data-bbox="1153 1574 1367 1653">Сталь 40 ГОСТ 1050-88</p>



1	2	3
9	<p data-bbox="675 297 847 331">Полый вал</p> 	<p data-bbox="1153 533 1367 611">Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>
10	<p data-bbox="595 891 927 925">Корпус подшипника</p> 	<p data-bbox="1153 1093 1367 1171">Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
11	<p data-bbox="635 1406 887 1440">Опорная втулка</p> 	<p data-bbox="1153 1619 1367 1697">Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>

1	2	3
12	<p data-bbox="587 293 935 338">Крышка подшипника</p> 	<p data-bbox="1153 472 1367 555">Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
13	<p data-bbox="703 770 820 815">Стакан</p> 	<p data-bbox="1153 1003 1367 1086">Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
14	<p data-bbox="635 1352 887 1397">Опорная втулка</p> 	<p data-bbox="1153 1592 1367 1675">Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>

1	2	3
15	<p>Ось</p> 	<p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант:

- а) рабочего чертежа пружины с диаграммой растяжения/сжатия, выполненного в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 5–9;
- б) трехмерной модели пружины, идентичной рабочему чертежу, выполненному в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 5–9;
- в) ассоциативного рабочего чертежа с аксонометрическим изображением детали машин, выполненного по готовой трехмерной модели детали в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 10.

Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения рабочих чертежей пружины и детали машин, а также правильность построения трехмерной модели пружины.

## Лабораторная работа № 9

### СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА УЗЛА МАШИНЫ И СПЕЦИФИКАЦИИ К НЕМУ В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК

*Цель работы:* закрепить основные приемы создания и редактирования сборочного чертежа и спецификации в системе КОМПАС-ГРАФИК.

#### Задание

Используя инженерно-графические и расчетно-проектные возможности системы КОМПАС-ГРАФИК и ее библиотек, постройте сборочный чертеж predetermined узла машины, а также создайте и последовательно заполните спецификацию к нему в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 66–75.

#### Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D V 7.0.
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3 или А4.
3. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов Геометрия, Выделение, Редактирование*, а также различные библиотеки системы КОМПАС-ГРАФИК, постройте и при необходимости отредактируйте на новом листе чертежа в стандартном масштабе геометрический контур сборочного чертежа predetermined узла машины в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 66, 68, 70, 72 и 74.

**Примечание.** При выполнении данного пункта лабораторной работы:

- а) номер варианта сборочного чертежа predetermined узла машины (см. рис. 66, 68, 70, 72 и 74) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя;
- б) при построении геометрического контура сборочного чертежа необходимые типоразмеры узла машины можно непосредственно снимать линейкой с прилагаемых рис. 66, 68, 70, 72 или 74 с учетом масштаба их отображения;
- в) при построении геометрического контура сборочного чертежа помимо стандартных средств системы КОМПАС-ГРАФИК можно также воспользоваться инженерно-графическими и расчетно-

проектными возможностями различных библиотек данной системы (например, конструкторской библиотеки, прикладной библиотеки КОМПАС, библиотеки КОМПАС-Shaft 2D, библиотеки КОМПАС-Spring).

4. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Размеры, Обозначения** нанесите на ранее построенном сборочном чертеже predetermined узла машины номера позиций деталей, размеры и технологические обозначения в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 66, 68, 70, 72 и 74.
5. Используя команды **Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Вставка**, нанесите на ранее построенном сборочном чертеже технические требования на сборку и изготовление узла машины, а также последовательно заполните соответствующие графы основной надписи чертежа (см. рис. 66, 68, 70, 72 и 74).
6. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Стандартной панели* системы создайте в КОМПАС-ГРАФИК новый лист спецификации формата А4 по ГОСТ 2.106-96.
7. Используя команды **Раздел...**, **Базовый объект...** и **Вспомогательный объект...** из меню **Вставка**, создайте в новом листе спецификации определенное количество базовых разделов и последовательно заполните их в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 67, 69, 71, 73 и 75.
8. При помощи команды **Разметка страницы** из меню **Вид** или одноименной пиктограммы на *Панели Вид* системы выполните полную разметку страницы и последовательно заполните соответствующие графы основной надписи спецификации в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 67, 69, 71, 73 и 75.

### Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант сборочного чертежа predetermined узла машины и спецификации к нему, выполненных в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 66–75. Преподавателем оценивается объем и правильность выполнения сборочного чертежа и спецификации к нему.



Гер. примен. Вариант №1, 6, 11		Формат	Зона	Гвз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		A4						
Срав. №						Документация		
							Детали	
			1	БГТУ 010000 001	Корпус	1		
			2	БГТУ 010000 002	Клапан	1		
			3	БГТУ 010000 003	Шток	1		
			4	БГТУ 010000 004	Втулка	1		
	5	БГТУ 010000 005	Гайка	1				
	6	БГТУ 010000 006	Гружина	1				
Годп. и дата								
Взам. инв. №								
Годп. и дата								
Инв. №подл.								

БГТУ 010000 000			
Изм.	Лист	№ докум.	Годп.
Разраб.	Иванов ИИ		
Пров.	Петров ВВ.		
Нконтр.			
Утв.			

Клапан		Лит.	Лист	Листов
предохранительный				1
		4170801, 2006		

Копировал \_\_\_\_\_ Формат A4

Рис. 67. Спецификация на сборочный чертеж предохранительного клапана

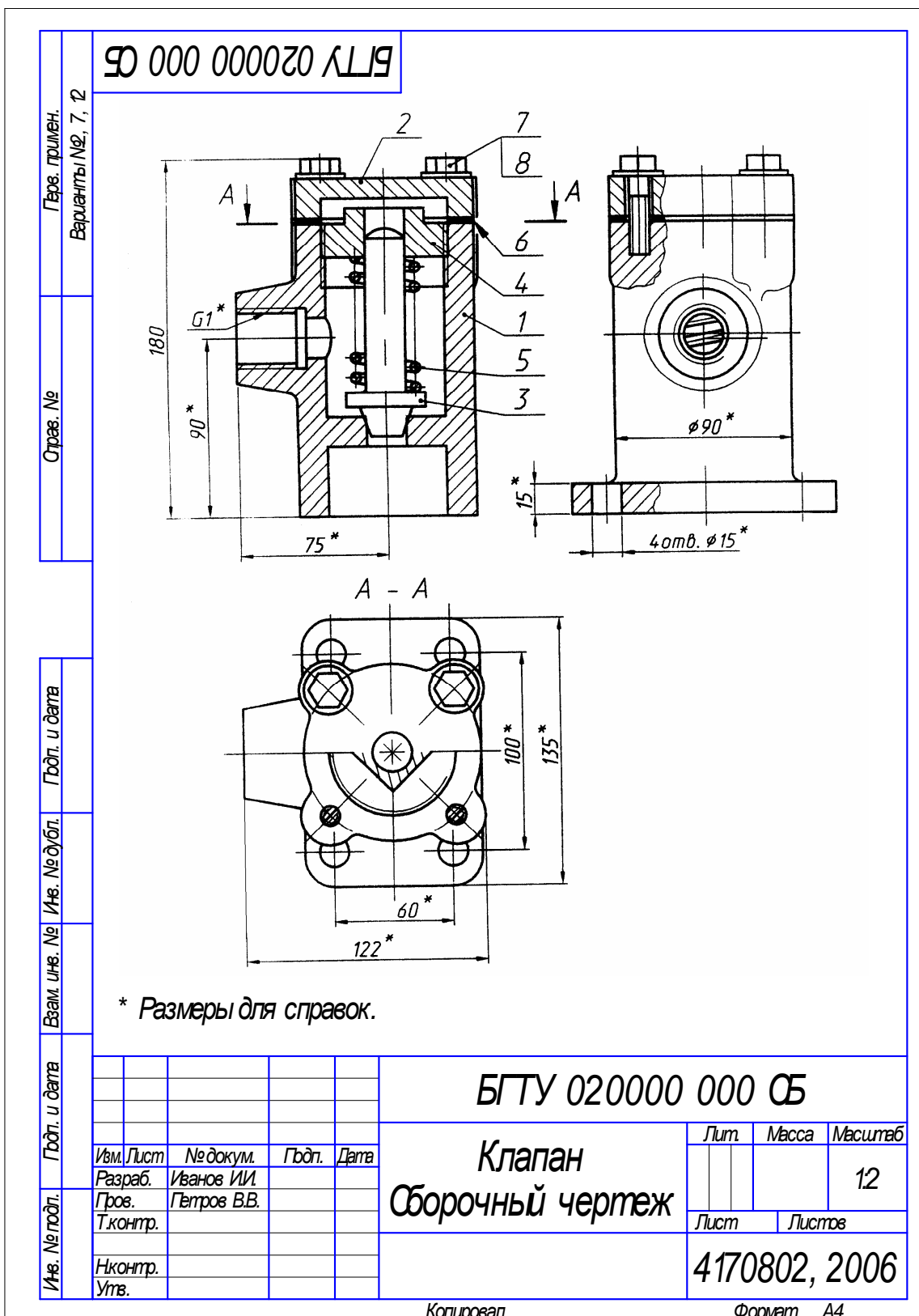


Рис. 68. Сборочный чертеж клапана



[illegible]

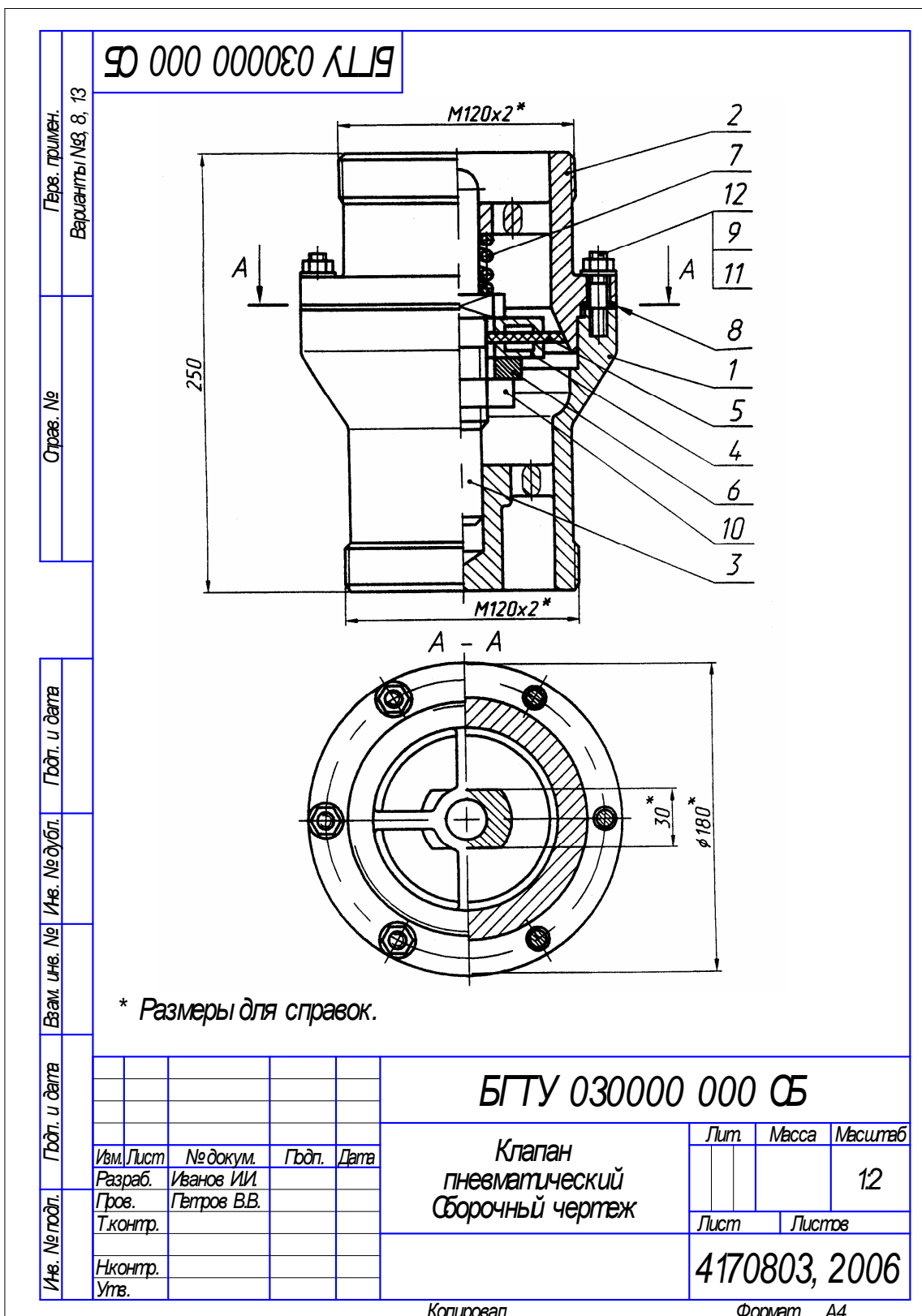


Рис. 70. Сборочный чертеж пневматического клапана



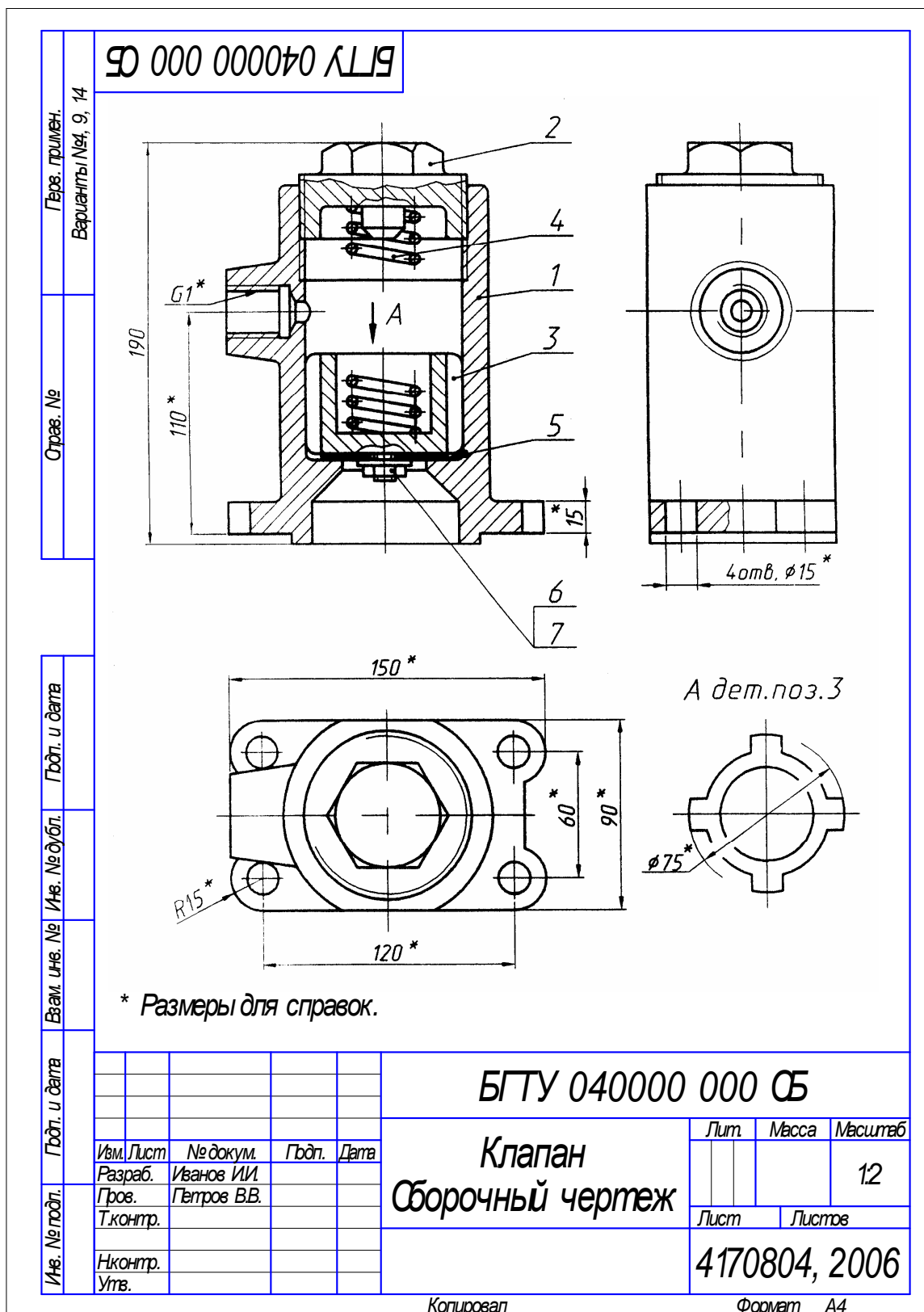


Рис. 72. Сборочный чертеж клапана

Перз. примен. Вариант №4, 9, 14		Формат	Зона	Гыз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		A4			БГТУ 040000 000 СБ	Сборочный чертеж	1		
Срав. №						Документация			
						Детали			
			1	БГТУ 040000 001	Корпус	1			
			2	БГТУ 040000 002	Гайка	1			
			3	БГТУ 040000 003	Клапан	1			
			4	БГТУ 040000 004	Пружина	1			
			5	БГТУ 040000 005	Прокладка	1			
Годп. и дата						Стандартные изделия			
			6		Гайка М8.5 ГОСТ 5915-70	1			
			7		Шайба 8.01 ГОСТ 11371-78	1			
Вам. инв. №									
Годп. и дата									
Инв. № подл.		БГТУ 040000 000							
		Изм.	Лист	№ докум.	Годп.	Дата			
		Клапан					Лит.	Лист	Листов
									1
							4170804, 2006		
		Копировал					Формат A4		

Рис. 73. Спецификация на сборочный чертеж клапана

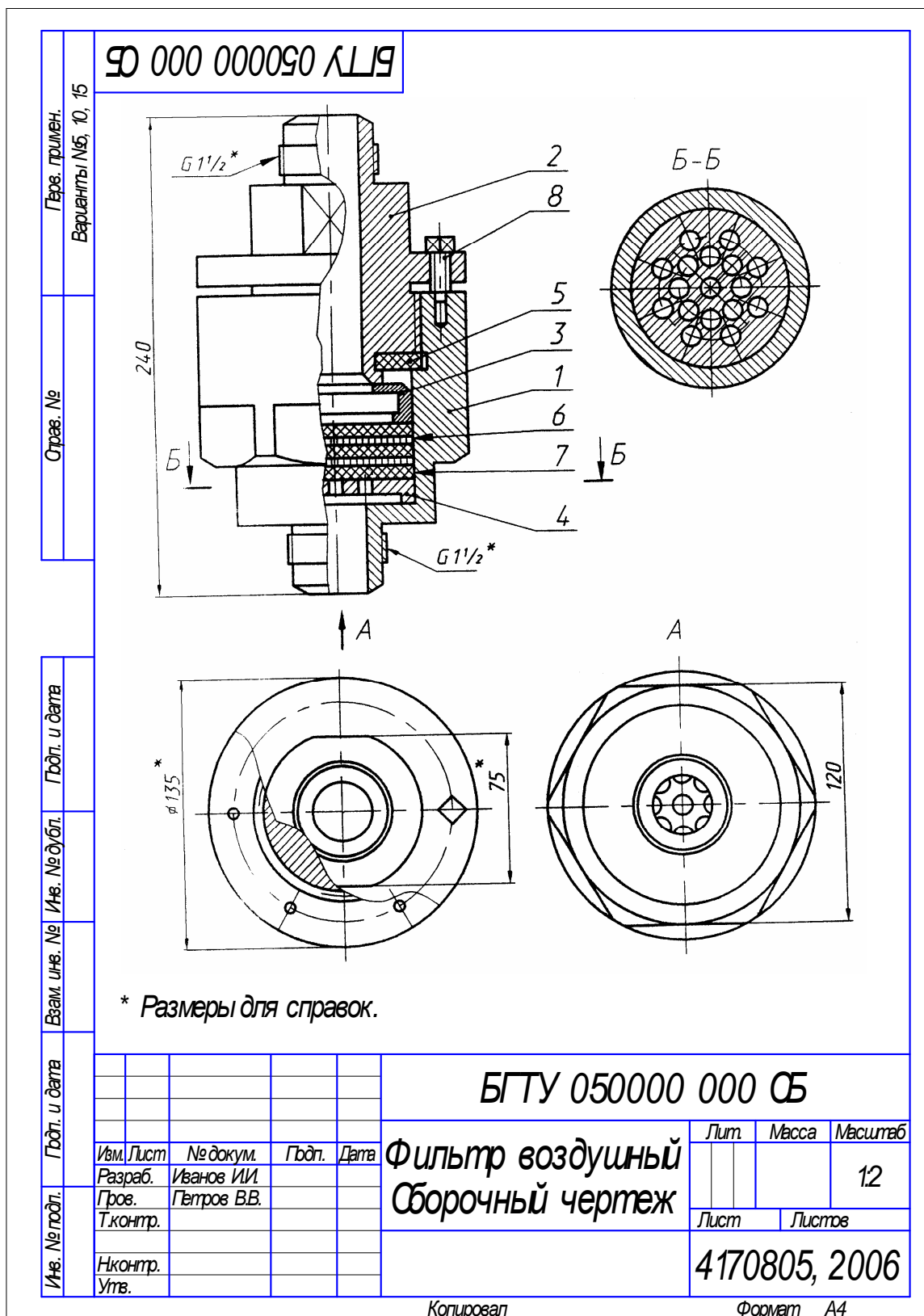


Рис. 74. Сборочный чертеж воздушного фильтра

Перв. примен.	Вариант №5, 10, 15	Формат	Зона	Гыз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		A4			БГТУ 050000 000 СБ	Сборочный чертеж	1	
Справ. №						Документация		
						Детали		
		1	БГТУ 050000 001	Корпус	1			
		2	БГТУ 050000 002	Крышка	1			
		3	БГТУ 050000 003	Втулка	1			
		4	БГТУ 050000 004	Фильтр	1			
		5	БГТУ 050000 005	Прокладка	1			
		6	БГТУ 050000 006	Сетка	2			
		7	БГТУ 050000 007	Круг войлочный	3			
Годл. и дата						Стандартные изделия		
		8		Винт В.М10х25.58	1			
					ГОСТ 1482-84			
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Годл. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Годл.	Дата	БГТУ 050000 000
Инв. № годл.	Разраб.	Иванов И.И.			Фильтр воздушный	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Петров В.В.						1
	Нконтр.					4170805, 2006		
	Утв.							

Копировал \_\_\_\_\_ Формат A4

Рис. 75. Спецификация на сборочный чертеж воздушного фильтра

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аллик Р. А., Бородянский В. И., Бурин А. Г. САПР изделий и технологических процессов в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
2. Римский Г. В. Теория САПР. Интеллектуальные САПР на базе вычислительных комплексов и сетей. – Мн.: Навука і тэхніка, 1994. – 385 с.
3. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: МГТУ, 2000. – 322 с.
4. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
5. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V6. Основы работы в системе. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 528 с.
6. Потемкин А. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.
7. Михалкин К. С., Хабаров С. К. КОМПАС-3D V6. Практическое руководство. – М.: ООО «БИНОМ-Пресс», 2004. – 288 с.
8. Потемкин А. КОМПАС-3D V6 Plus. Практическое руководство. – М.: ЛОРИ, 2005. – 284 с.
9. Ганин Н. Б. КОМПАС-3D V7. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 384 с.
10. Кудрявцев Е. М. Проектирование. КОМПАС-3D V7. Наиболее полное руководство. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 688 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Структура, основные принципы построения и проектирования в современных САПР .....	6
1.1. Классификация САПР .....	6
1.2. Структура САПР .....	8
1.3. Виды обеспечения САПР .....	10
1.4. Этапы и стадии проектирования в современных САПР ....	16
2. Основные принципы построения системы КОМПАС-ГРАФИК и работа с ней .....	20
2.1. Структура главного окна системы КОМПАС-ГРАФИК ...	20
2.2. Типовые объекты и типовые документы КОМПАС-ГРАФИК	32
<b>Лабораторная работа № 1.</b> «Ознакомление с интерфейсом и настройка параметров системы КОМПАС-ГРАФИК» .....	35
<b>Лабораторная работа № 2.</b> «Геометрические построения базовых элементов в системе КОМПАС-ГРАФИК» .....	39
<b>Лабораторная работа № 3.</b> «Создание рабочего чертежа детали машин стандартными средствами КОМПАС-ГРАФИК» .....	42
<b>Лабораторная работа № 4.</b> «Построение и аппроксимация графических зависимостей, создание (редактирование) текстовой документации и таблиц в системе КОМПАС-ГРАФИК» .....	58
<b>Лабораторная работа № 5.</b> «Выделение и редактирование плоских фигур и составных объектов на чертежах КОМПАС-ГРАФИК» .....	64
<b>Лабораторная работа № 6.</b> «Использование прикладной и конструкторской библиотек фрагментов, вспомогательных видов и слоев, а также параметрических возможностей КОМПАС-ГРАФИК при построении рабочих чертежей деталей машин. Расчет МЦХ плоской фигуры» .....	76
<b>Лабораторная работа № 7.</b> «Расчет и двумерное проектирование деталей машин типа “тела вращения” при помощи библиотеки КОМПАС-Shaft 2D» .....	97
<b>Лабораторная работа № 8.</b> «Расчет и двумерное проектирование пружин при помощи библиотеки КОМПАС-Spring. Использование ассоциативных возможностей КОМПАС-ГРАФИК при построении рабочих чертежей деталей машин» .....	115
<b>Лабораторная работа № 9.</b> «Создание сборочного чертежа узла машины и спецификации к нему в системе КОМПАС-ГРАФИК»	131
ЛИТЕРАТУРА .....	143

Учебное издание

Гарабажиу Александр Андреевич

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебно-методическое пособие

В 2 частях

Часть 1

**ОСНОВЫ ДВУХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
МАШИН В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК**

Редактор Ю. А. Ирхина

Подписано в печать .02.2006. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,8. Уч.-изд. л. 9,1.  
Тираж 150 экз. Заказ .

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13.  
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.